



MEMORIAS

PREMIO DE INSTRUMENTACIÓN Y ELECTRÓNICA 2022

DR. GUSTAVO DEL CASTILLO Y GAMA



SEMANA
DEL **IICO**

Hacia el futuro de la Nanociencia y los Nanomateriales

Del 2 al 6 de mayo

Diseño Gráfico y Formación

Dr. Luis Felipe Lastras Martínez

Dra. Marcela Mejía Carlos

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Responsable de la edición

Dr. Daniel Ulises Campos Delgado

ISBN:978-607-9343-37-8

© Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, UASLP.

Presentación

Después de un año en pausa y una versión realizada de manera virtual, nos complace presentar las memorias del premio de Instrumentación y Electrónica “Gustavo del Castillo y Gamma” en su versión 2022. En esta ocasión se ha retomado el premio de Instrumentación y Electrónica 2022 de forma presencial, después de estos dos años llenos de difíciles retos y aprendizajes. En esa ocasión se presentaron 12 proyectos de gran calidad tanto de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, de instituciones de educación superior de la Ciudad, así como de la Ciudad de Querétaro. Los temas fueron diversos y contienen enfoques tanto básicos, aplicados, así como con orientación a la divulgación y educación. Todos los proyectos con una gran calidad y un excelente grado de desarrollo.

Quisiéramos agradecer al jurado del premio por el interés y profesionalismo que mostraron. En esta ocasión el jurado estuvo formado por los investigadores, Dr. Ramón Díaz de León Zapata, Dr. Jesús Gustavo Flores Eraña, Dr. Cesar Arturo Guerra García, Ing. Cesar Augusto Tovar Barrientos y M. en I. Gabriel Velarde Torres. Muchas gracias nuevamente.

Comité organizador

San Luis Potosí, S.L.P. mayo 2022

Rector

Dr. Alejandro Javier Zermeño Guerra

Secretario General

M. en D. Federico Arturo Garza Herrera

Director

Dr. Daniel Ulises Campos Delgado

Comité organizador del concurso

Dr. Raúl Eduardo Balderas Navarro

Dr. Edgar Armando Cerda Méndez

Dr. Luís Felipe Lastras Martínez

Dra. Marcela Mejía Carlos

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Ing. Francisco Ramírez Jacobo

Jurado

Dr. Ramón Díaz de León Zapata

Dr. Jesús Gustavo Flores Eraña

Dr. Cesar Arturo Guerra García.

Ing. Cesar Augusto Tovar Barrientos

M. en I. Gabriel Velarde Torres

Edición de memorias

Dra. Marcela Mejía Carlos

Dr. Luis Felipe Lastras Martínez

Ing. Liliana del Carmen Mendoza Tello

Índice	Pág.
1 Amplificador Lock-In Portátil Reconfigurable Esdras Terranova Azuara Juárez, Miguel Ángel Lastras Montaño	1
2 Sistema Automatizado de Molino de Alta Energía Macías González Israel, Torres Hernández Óscar Iván Raúl, Pérez Bustamante Raúl	4
3 Interferometro de Michaelson controlado por Labview. Jonathan E. Briones Villegas, Edgar Armando Cerda Méndez	7
4 Diseño de un sensor de temperatura de emergencia y para el estudio de ambientes remotos Daniel Amaya, Ricardo Castro García	10
5 Realidad Aumentada con Inteligencia Artificial J.M. Fortuna-Cervantes, M.T. Ramírez-Torres M. Mejía-Carlos, D.A. González-Gómez	13
6 Plataforma de HW/SW basada en componentes virtuales para el desarrollo ágil de redes de sensores inalámbricas de bajo costo Luis Octavio Ortega Gutiérrez, Carlos Soubervielle-Montalvo, Pedro David Arjona Villicaña, Oscar Ernesto Pérez-Cham	17
7 Diseño y construcción de un intérprete de clave morse Jesús Enrique Vega Mata, Brenda Guadalupe Chávez Sánchez, Manuel Alejandro Pérez Saldaña	20
8 Control in-situ y en tiempo real del crecimiento de estructuras multicapa de silicio poroso Martín Andrés González Morales, Edgar Armando Cerda Méndez	22

9	Modulador de AM con circuito lineal integrado	24
	Oscar Luis Garcia Vencer, Gabriel Isaac Garcia Navarro, Leonardo Damián Quintero Llamas, Mauricio Vidales Ávila	
10	Implementación de un sistema de medición de efecto Hall usando MyOpenLab	27
	I. Lara Velázquez, F. I. Torres Torrez, R. I. Rodriguez Blanco, A. Belio Manzano, V.H. Méndez García	
11	Interfaz de control de un brazo robótico	31
	Y. González Sustaita, C. B. Serrato Bautista, F. Sánchez Niño	
12	Diseño y construcción de un circuito de control para el llenado de un tanque de agua	37
	M. A. Becerra Hernández, Y. Cayetano Pablo, J. J. Flores Pérez, A. G. Hernández Rodríguez, L. Jaime Rivera, K. G. Sifuentes De la Rosa, S. R. Escoto Torres, F. Sánchez Niño	

Amplificador Lock-In Portátil Reconfigurable

Esdras Terranova Azuara Juárez, Miguel Ángel Lastras Montaña
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 San Luis Potosí, México
 a199318@alumnos.uaslp.mx

Resumen—Se presenta la propuesta de diseño para un amplificador lock-in, de reducido tamaño para aplicaciones portátiles, y con filtros digitales reconfigurables, que permitan al instrumento mejorar su desempeño a distintas frecuencias de operación.

Palabras Clave—Terasic, FPGA, instrumentación, amplificador lock-in.

I. INTRODUCCIÓN

Los amplificadores lock-in (LIA, por sus siglas en inglés) son instrumentos capaces de extraer señales en ambientes extremadamente ruidosos, por lo que su funcionamiento es particularmente útil como mecanismo de sensado. El diseño del LIA ha evolucionado desde su concepción y recientemente debido a la gran cantidad de sensores con los que se vive día a día, se han realizado esfuerzos para crear un amplificador lock-in como una plataforma portable de interfaz de sensor, principalmente para sensores resistivos, sensores capacitivos, y nano/micro biosensores [1]. Sin embargo, hasta el momento no se tiene disponible de manera comercial, un LIA portable que cubra un amplio rango de aplicaciones, por lo que vemos la oportunidad de presentar un diseño que no solamente sea portátil, sino que además pueda ser reconfigurable para ofrecer soluciones de sensado más a la medida, de las potenciales necesidades de un usuario final. Así que mostraremos el diseño que estamos proponiendo, la programación del instrumento y los resultados obtenidos con el mismo.

II. DISEÑO

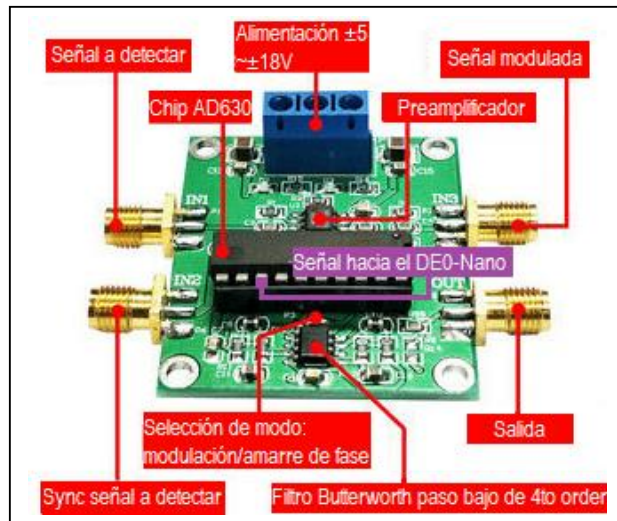


Figura 1. Amplificador lock-in AD630 de Taidacent, del pin marcado en morado obtenemos la demodulación de la señal a detectar.

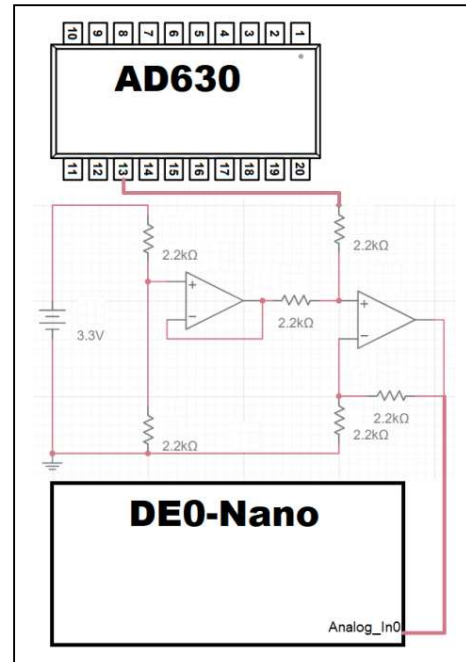


Figura 2. Esquema del diseño del instrumento.

Las características en las que enfocamos el diseño fueron la portabilidad y la reconfigurabilidad, la primera lo logramos con componentes de reducidas dimensiones que cupieran en la palma de la mano, y la segunda utilizando una tarjeta de desarrollo FPGA, la DE0-Nano de Terasic.

Todos los LIA demodulan la señal enterrada en ruido, por medio de otra señal generada a una frecuencia de referencia, y el resultado de la demodulación es entonces sometido a un filtro paso bajo, el cual a la salida entrega la amplitud de la señal opacada por ruido. La empresa Taidacent, ya vende un amplificador lock-in analógico que utiliza el AD630 en la configuración de demodulador, y un filtro Butterworth implementado con amplificadores operacionales, como se puede ver en la figura 1. Nosotros haremos uso exclusivamente de la parte de la demodulación para nuestro diseño, y reemplazaremos entonces el filtrado analógico por uno digital reconfigurable implementado en el FPGA.

El arreglo electrónico de nuestro diseño queda representado en el esquema de la figura 2, la señal proveniente del AD630 es montada en un offset de 1.65V para dejarla a la mitad del rango de digitalización del ADC, con el que cuenta la DE0-Nano, esto es posible por medio de un divisor de voltaje que nos genera el voltaje del offset y un sumador que adiciona ambas señales. Por último, la señal proveniente del sumador debe que llegue al canal 0 del ADC.

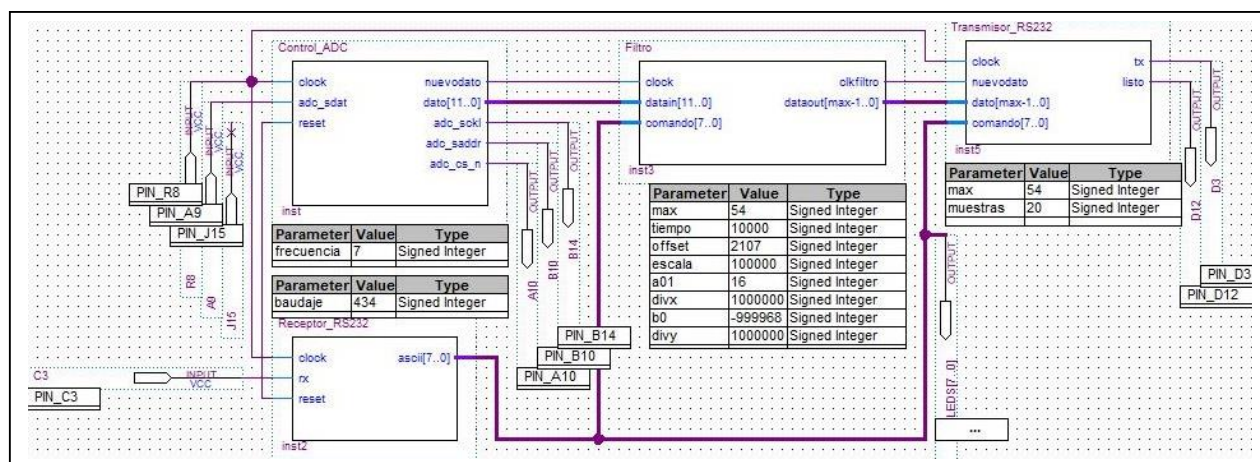


Figura 3. Diagrama de bloques en Quartus II.

III. PROGRAMACIÓN DE LA DE0-NANO

La programación del FPGA se realizó en Quartus II de Altera, podemos ver en la figura 3 el diagrama de bloques, el Control de ADC genera las señales necesarias para que el convertidor pueda digitalizar la señal proveniente del AD630, además podemos configurar la frecuencia de muestreo, en este caso utilizamos la más alta posible de 195 kHz. El siguiente bloque es Filtro, que realiza el filtrado de la señal digital, aquí podemos modificar los coeficientes que definen al filtro y por lo tanto cambiar el comportamiento de este. La salida del filtro pasa entonces a un Transmisor RS232 cada cierto periodo de tiempo hasta que se llena la memoria, y cuando se solicita la información se inicia la transmisión inalámbrica de los datos almacenados hacia la computadora. El bloque que nos permite controlar nuestro instrumento es el Receptor, simplemente recibe caracteres ASCII que manda el ordenador para dar comandos al amplificador lock-in.

IV. EXPERIMENTO

Para poner a prueba nuestro amplificador lock-in utilizamos LabVIEW, por medio de un instrumento virtual generamos una señal sinusoidal de 100mV enterrada en un ruido blanco de 1V, y una segunda señal sinusoidal de referencia, ambas a la frecuencia de 1 kHz. La señal de 100mV junto con el ruido es reducida por un factor de 11 por medio de un divisor de voltaje, esto para no saturar el instrumento con la misma amplitud de la señal. La señal por medir y su referencia son alimentadas a la tarjeta que tiene el AD630, en este punto solamente nos queda programar la DE0-Nano, esperar unos segundos a que se llene la memoria hasta que el LED indicador se encienda significando que ya se pueden pedir los datos almacenados del LIA. Otro instrumento virtual se encarga de mandar el carácter ASCII, correspondiente al inicio de la transmisión y, además gráfica la salida del filtro como se puede ver en la figura 4.

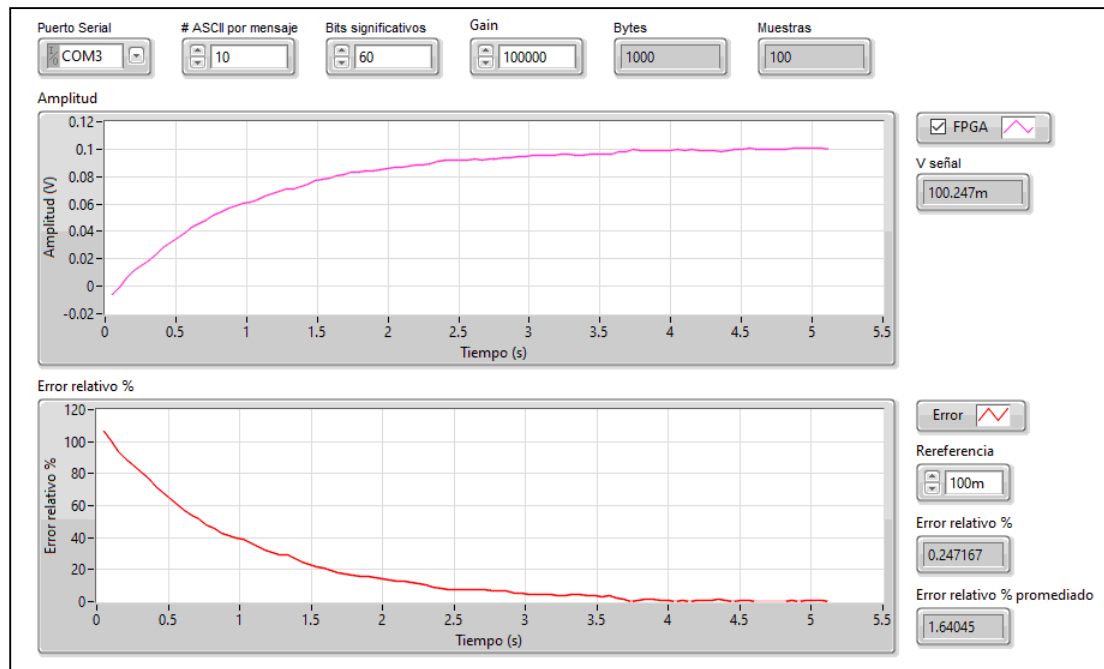


Figura 4. Panel frontal del instrumento virtual, para la visualización de los datos provenientes del amplificador lock-in.

V. CONCLUSIONES

Logramos diseñar un amplificador lock-in portable que puede recuperar señales embebidas en ruidos 10 veces más grandes que la amplitud de las mismas señales, además el instrumento es reconfigurable, significando que haciendo un filtro digital más selectivo podríamos extraer señales opacadas por ruidos más severos.

REFERENCIA

- [1] K. Kishore and S. A. Akbar, "Evolution of lock-in amplifier as portable sensor interface platform: A review," *IEEE Sensors J.*, vol. 20, no. 18, pp. 10345–10354, Sep. 2020.

Sistema Automatizado de Molino de Alta Energía

Macías González Israel¹, Torres Hernández Óscar Iván Raúl², Pérez Bustamante Raúl³.

Facultad de Ingeniería UASLP¹, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí², Centro de Tecnología Avanzada de San Luis Potosí³

israel.ma.gon@gmail.com, oscart228@gmail.com, raul.perez@ciateq.mx

Resumen – La aplicación de la molienda mecánica de alta energía es una tecnología utilizada desde hace muchos años en la industria metalúrgica en procesos de trituración, afino y homogeneización de polvos, y en química extractiva. El sistema automatizado de aleado mecánico utiliza el microcontrolador ATmega328P para el control de los tiempos de trabajo y descanso, así como el monitoreo de la temperatura del proceso con el uso de una interfaz desarrollada en el software LabVIEW

Índice de Términos – Aleaciones, ATmega 328P, LabVIEW.

I. INTRODUCCIÓN

Los metales han jugado un papel importante en el mundo y en cierto sentido, la historia de la civilización humana es también la historia del desarrollo de los materiales. A lo largo de la historia de los materiales, el aumento de la entropía se ha convertido en la ley más importante que guía el desarrollo de los materiales como se aprecia en la figura 1 [1], y desde que los investigadores Cantor y Yeh desarrollaron el concepto de aleación de alta entropía en el 2004 [2], este tema ha ido aumentando el interés de la comunidad científica de manera exponencial.

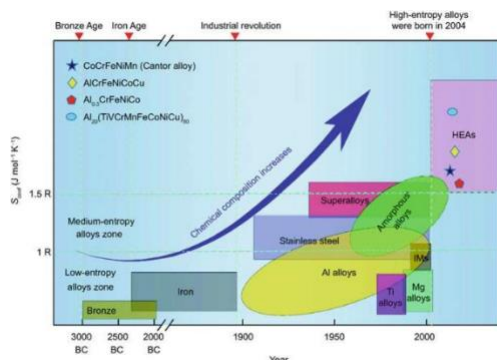


Fig. 1. Avance de la entropía a través del tiempo.

A. Aleado mecánico.

El proceso de aleado mecánico consiste en continuos impactos de alta energía a las que son sometidas las partículas por parte de los cuerpos molidores causando repetidas

microforjas (donde las bolas adhieren, unen y fracturan partículas de polvo) con el objetivo de producir partículas de polvo de menor tamaño.

El proceso se basa en la relación que existe entre el tiempo de molienda y la reducción de tamaño de la partícula, donde a medida que se aumenta el tiempo de molienda el tamaño de la partícula se reduce. En este proceso se genera una gran cantidad de calor, que puede producir cuando se usan en tiempos excesivos procesos de soldadura, debido a, los choques con las bolas del molino y la recristalización del polvo ya tratado.

B. Objetivo.

Control y monitoreo de los periodos de trabajo y descanso del molino de alta energía para el proceso de molienda mecánica de aleaciones metálicas. Además, de desarrollar una interfaz amigable con el usuario con el fin de analizar las condiciones durante y después de la molienda.

C. Justificación.

Las aleaciones metálicas son tema de gran interés científico debido a que exhiben propiedades físicas y químicas mejores que algún otro tipo de estructura. La mayoría de los procesos de aleado mecánico no cuentan con sistemas automatizados de control y monitoreo en las condiciones del proceso. La automatización del molino de alta energía permitirá estudiar con precisión el comportamiento de las aleaciones a diferentes ciclos de trabajo.

II. DESARROLLO

El sistema cuenta de cuatro secciones principales como se aprecia en la figura 2. En primer lugar, se encuentra la sección del ordenador el cual cuenta con la GUI desarrollada en LabVIEW, en seguida la del controlador, la cual tiene el microcontrolador ATmega328P y toda la lógica implementada en código, siguen los módulos de sensores y la electrónica de la etapa de potencia. Finalmente, está la sección del actuador. El ordenador se encarga de la generación de los ciclos de trabajo, el controlador de emisor y receptor de señales y la sección del actuador del movimiento mecánico.

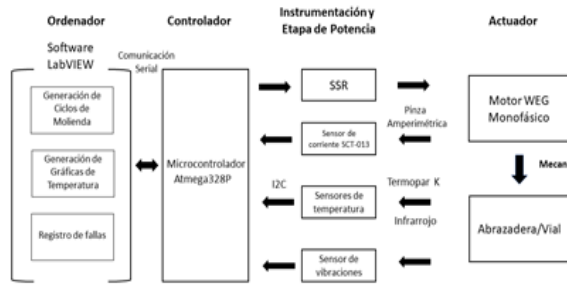


Fig. 2. Diagrama a bloques del sistema.

A. Implementación.

Dada la versatilidad que presentan los sensores embebidos en módulos y el microcontrolador ATmega328P en la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, se montaron sobre soportes en rieles tipo DIN dentro un gabinete eléctrico. La programación del microcontrolador ATmega 328P se desarrolló en el IDE de Atmel Studio 7 con el uso de librerías de Open Source para los diferentes sensores usados en el sistema.

Se montaron lámparas ANDON en el chasis del Molino de Alta Energía para señalar el estado de la máquina. De igual forma el sistema cuenta con un paro de emergencia que permite detener el sistema en caso de emergencia, como se aprecia en la figura 3.



Fig. 3. Sistema Automatizado del Molino de Alta Energía.

B. Desarrollo de la Interfaz Gráfica de Usuario.

LabVIEW es el acrónimo de Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench. Es una herramienta y lenguaje entorno de programación gráfica en el que se pueden crear aplicaciones de una forma rápida y sencilla. Originalmente este programa estaba orientado para aplicaciones de control de equipos electrónicos usados en el desarrollo de sistemas de instrumentación, lo que se conoce como instrumentación virtual.[3]

En la figura 4 se aprecia la interfaz gráfica de usuario. Al ingresar los tiempos del proceso de molienda, el nombre del usuario y el material con el que se trabajará se generan automáticamente los ciclos de trabajo y descanso. Se medirá la temperatura, corriente y vibraciones durante el proceso de molienda y el sistema se detendrá hasta que se detecte una

falla o termine la molienda. En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo del sistema.

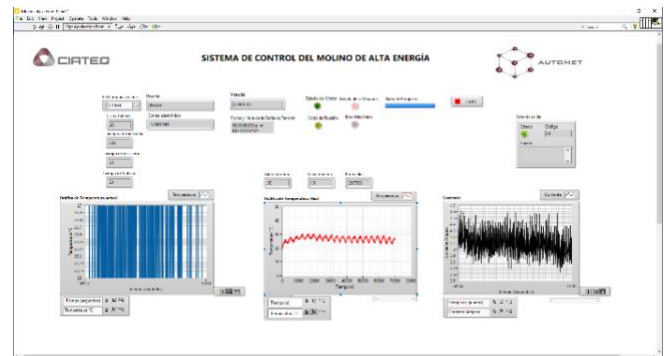


Fig. 4. Panel frontal de la Interfaz Gráfica de Usuario.

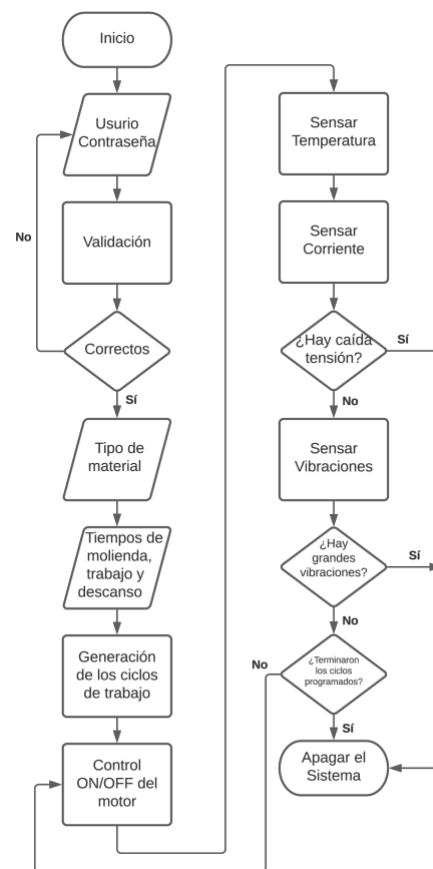


Fig. 5. Diagrama de flujo del sistema.

III. RESULTADOS.

Se desarrolló con éxito un sistema de aleado mecánico automatizado que permite el control de un molino de alta energía, monitoreo del comportamiento de la temperatura durante la molienda, caídas de tensión y errores mecánicos.

A. Gráficas de temperatura.

En la figura 6 se aprecia el comportamiento de la síntesis de la aleación de alta entropía CrMnFeCoNi llevada a cabo a lo largo de 10 hrs de trabajo en una atmósfera de argón, usando

Metanol como agente de control, con periodos de trabajo y de descanso de 30 minutos. Dando un total de 20 hrs con el sistema en función.

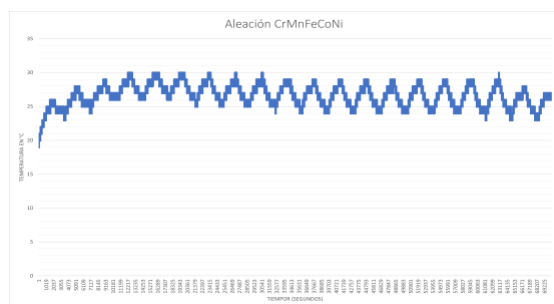


Fig. 6. Gráfica de temperatura durante la molienda de la aleación de alta entropía de cobalto.

B. Análisis de dureza en la aleación CrMnFeCoNiCNTs.

En la figura 7 (g) se muestra los resultados de dureza de las aleaciones de alta entropía CrMnFeCoNi y CrMnFeCoNiCNTs. Se ha informado el uso de la aleación CrMnFeCoNi en aplicaciones aeroespaciales [4]. Se aprecia que las condiciones de procesamiento podrían conducir a un endurecimiento anormal como en el caso de las condiciones de laminación en frío [5], torsión a alta presión [6] y otras [7]. En el caso de la aleación de alta entropía que contiene CNTs se observa en la figura 7 (g) un comportamiento de dureza notable y mejorado. Si bien los nanotubos fueron agregados en concentración equiatómica, su naturaleza nanométrica y el comportamiento de fragmentación llevado a cabo a lo largo de 10 hrs de molienda deriva en su fragmentación múltiple, proporcionando una mayor interacción con los restantes elementos de la aleación de Cantor.

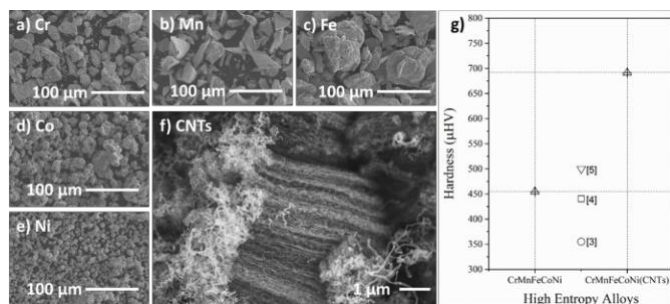


Fig. 7. (a-f) Elementos usados en la síntesis de la aleación de alta entropía, (g) resultados de las aleaciones de alta entropía.

IV. CONCLUSIÓN

El sistema automatizado del Molino de Alta Energía permite el análisis y monitoreo de las condiciones de molienda de cualquier tipo de aleación. La generación de los ciclos de trabajo y descanso desde la computadora permiten un ahorro sustancial en el tiempo de la síntesis de las aleaciones. De igual forma el monitoreo de la temperatura permite conocer el comportamiento de la aleación durante la molienda. El uso de sensores de corriente y vibraciones permite generar un sistema robusto de detección de fallas.

REFERENCIAS

- [1] Zhang, Y., High-Entropy Materials. A Brief Introduction. Springer. (2019).
- [2] B. Cantor, et al, Mater. Sci. Eng. A. **375** (2004), p. 213. doi:10.1016/j.msea.2003.10.257
- [3] José Rafael Lajara Vizcaino. LabVIEW: Entorno gráfico de programación. marcombo. (2007).
- [4] Stefano G., Alessio M. Aerospace Alloys: Topics in Mining, Metallurgy and Materials Engineering. Springer International Publishing (2020)
- [5] J. Gu, et al, Scripta Materialia **162** (2019), p. 345. doi.org/10.1016/j.scriptamat.2018.11.042
- [6] W. Skrotzki, et al Crystals, **10** (2020), p. 1. doi.org/10.3390/cryst10040336
- [7] J.P. Oliveira, et al, Materials & Design **189** (2020), p. 108505., doi.org/10.1016/j.matdes.2020.108505

Interferómetro de Michaelson controlado por Labview

Jonathan E. Briones Villegas, Edgar Armando Cerda Méndez
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 Asesor: Edgar A. Cerda Méndez
 San Luis Potosí S.L.P

Ab — Montaje y control de distintos componentes de un interferómetro de Michaelson en Labview. Los datos recolectados (imágenes) son guardados en formato HDF5 para su posterior análisis. La intención es obtener el primer grado de coherencia.

Keywords — interferencia, franjas, Labview, piezoeléctrico

I. INTRODUCCIÓN

A. Interferencia

La luz como perturbación electromagnética presenta la propiedad de poder interactuar con otras ondas electromagnéticas que tengan frecuencias similares. Si dos ondas con frecuencias similares interactúan producen una onda resultante que puede ser replicada como la suma de sus componentes. Cuando ambas tienen la misma fase, interfieren de manera totalmente constructiva y la onda resultante tiene una amplitud igual a la suma de las amplitudes de las ondas que la conforman. Si una onda se encuentra desfasada π radianes con respecto a la otra, se produce una interferencia completamente destructiva. En caso de que los haces de luz que conforman el patrón de interferencia tengan la misma amplitud, el resultado es una onda con amplitud 0. En la Fig. 1 se muestra una onda resultante producida por dos fuentes con la misma fase, y su respectivo un patrón de interferencia [1].

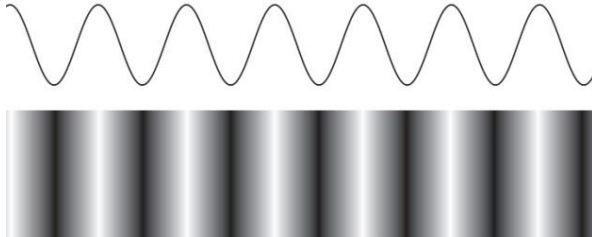


Fig. 1 Patrón de interferencia (inferior) producido por una onda cosinoidal (superior).

B. HDF5

Hierarchical Data Format version 5 (HDF5) es un formato de código abierto que permite almacenar distintos tipos de datos heterogéneos en un solo archivo. El archivo consta de grupos, metadata y datasets como se ve en la Fig. 2, su función es parecida a uso de carpetas y archivos en Windows. Los grupos se utilizan para almacenar a otros grupos y datasets, mientras que los datasets se refieren a la información que se ha almacenado. Pueden ser números, vectores, cadenas de caracteres, imágenes etc. La metadata se utiliza para autodescripción, se puede asignar metadata

a todo lo que el archivo HDF5 contenga (grupos y datasets), y puede tener la forma de números, cadenas de caracteres, valores booleanos etc. Un ejemplo común es un texto donde se especifiquen características de cómo fueron obtenidos los datos (condiciones climáticas, fecha, tipo de muestra, técnica etc...) [2].

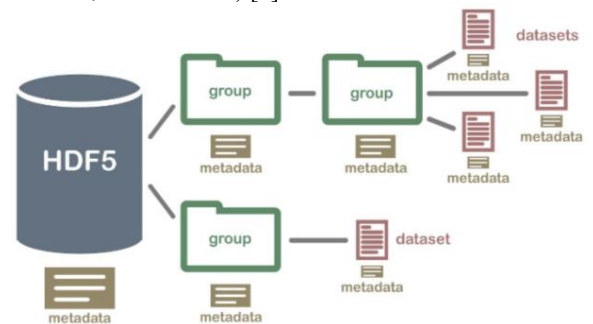


Fig. 2 Esquema de la estructura de un archivo HDF5.

C. Controlador Piezoeléctrico

El controlador utilizado es el MDT693B junto con la montura de espejo con piezoeléctricos KC1-PZ. Este controlador permite mover 3 ejes a los que llama x,y,z con controladores individuales, en un rango de voltajes de 0 a 150 desplegando los valores actuales en pantallas leds correspondientes. Mediante un switch se activa o desactiva la función Master Scan (MS) la cual mueve los tres ejes a la vez con un controlador independiente. Esencialmente lo que hace es aplicar un offset constante, si alguno de los ejes tenía un valor distinto de cero antes de activar Master Scan, conservará este valor y lo sumará al del controlador independiente de Master Scan [3].

II. MONTAJE EXPERIMENTAL

En la Fig. 3 se muestra un esquema del interferómetro de Michaelson montado en el laboratorio. Los dos espejos en los que primero incide el haz se utilizan para alineamiento ya que el láser es fijo.

La densidad óptica se utiliza únicamente para disminuir la intensidad del haz y que este no dañe a la cámara. El beam splitter divide el haz incidente en dos con la mitad de la potencia, uno se dirige hacia el espejo en la montura con piezoeléctricos y el segundo se dirige hacia un retroreflector. Finalmente se utiliza una lente para concentrar los haces en la cámara.

El piezoeléctrico se refiere a la montura de espejo KC1-PZ con un controlador piezoeléctrico. Esto se utiliza para que el espejo pueda hacer desplazamientos de nanómetros, que

será utilizado para corrimientos de fase, lo cual será visto en el patrón de interferencia como un corrimiento de las franjas.

El retrorreflector se utiliza para hacer una doble inversión a la imagen original, en x y en y . Esto para hacer que dos puntos lejanos interfieran entre sí y por tanto analizar la coherencia espacial del haz. Se esperaría observar mayor interferencia y un patrón de franjas más claro en el centro de la imagen que en las orillas, ya que la inversión en x,y realiza un desplazamiento menor a los puntos en esta zona a diferencia de los que se encuentren en los extremos.

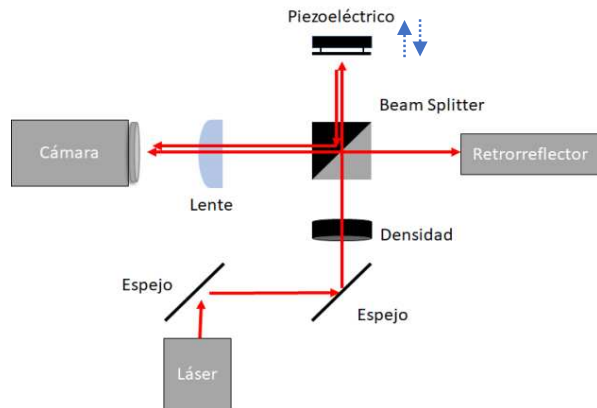


Fig. 3 Diagrama del interferómetro de Michelson utilizado.

III. PROGRAMA

El programa se encarga de controlar la cámara y el espejo con la montura con piezoeléctricos. En la Fig. 4 (página 3) se muestra el diagrama de flujo del programa. La ejecución del programa inicia con un panel frontal que permite al usuario controlar el piezoeléctrico por separado para un periodo de prealineamiento, en este periodo también se muestra lo que ve la cámara en tiempo real. Una vez terminado el periodo de prealineamiento el programa regresará a su panel principal en el que tomará una fotografía por cada desplazamiento que haga el controlador del piezoeléctrico. Por cada iteración, el programa incrementará el voltaje, tomará una foto, la guardará e iniciará la siguiente iteración.

El incremento de voltaje es un valor arbitrario que introduce el usuario al realizar el experimento. El programa hará un barrido desde la posición inicial de voltaje (definida por el usuario), hasta el valor dado por $N_{datos} * \Delta V$ donde N_{datos} es el número de datos a

recolectar y ΔV es el incremento en voltaje que hará cada paso.

El programa tiene dos interfaces. La primera se muestra en la Fig. 5a, donde el usuario especifica en qué puerto usb está conectada la cámara con la que va a trabajar, el número de mediciones y el incremento en volts. Como salidas el usuario ve el valor actual de Master Scan y una gráfica de intensidad/voltaje en el pixel que se especifique en la sección de prealineamiento.

En la Fig. 5b se muestra el panel frontal de la sección de prealineamiento. El usuario puede seleccionar si activar o desactivar Master Scan. Cuando esté activo, permite mover el controlador correspondiente y enviar el valor al controlador del piezoeléctrico para que sea actualizado. Mientras Master Scan está encendido, no se permite actualizar el valor de ninguno de los ejes x,y,z , asimismo, mientras Master Scan esté apagado no se permite actualizar el valor de dicho controlador.

Todo el tiempo que este SubVi esté corriendo, se muestra en la pantalla a tiempo real lo que la cámara está capturando. Por último con uso de las herramientas de control de indicadores de Labview, se le pide al usuario seleccionar el pixel de Region Of Interest (ROI) del que será extraído la intensidad por cada iteración en el Vi principal para posteriormente mostrar la gráfica intensidad/voltaje.

Una vez que el usuario presione el botón de STOP, el programa termina y regresa al usuario al panel frontal del VI principal (Fig. 5b)

IV. CONCLUSIONES AL MOMENTO

Se implementó de manera satisfactoria un programa que manipula los distintos controles del interferómetro de Michaelson mencionado con una interfaz intuitiva. Utilizando el formato HDF5 para almacenar los datos.

El seguimiento de este proyecto consiste en programar la obtención del primer grado de coherencia para análisis de coherencia espacial y temporal del haz a partir del contraste del patrón de interferencia. Además de realizar los programas correspondientes para una clara visualización y lectura de datos HDF5 utilizando Labview.

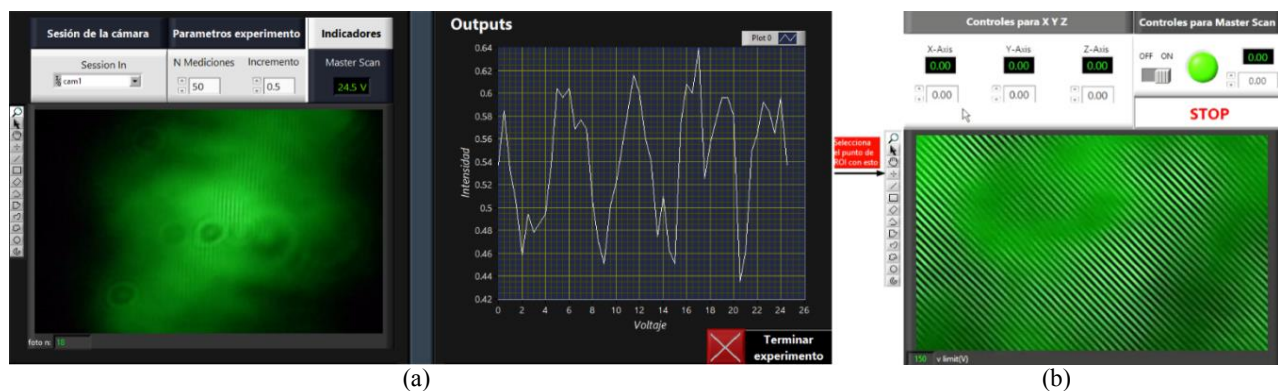


Fig. 5 Paneles frontales del programa utilizado para controlar el interferómetro.

REFERENCIAS

- [1] E. Hecht, "9.2 Conditions for Interference" en Optics 5. Inglaterra: Pearson, 2017, pp. 402-405.Asdfasdf
- [2] Leah A. Wasser "Hierarchical Data Formats - What is HDF5?" 2020, Oct [Online]. Available: <https://www.neonscience.org/resources/learning-hub/tutorials/about-hdf5>
- [3] “MDT693B and MDT694B Open-Loop Piezo Controllers User Guide”, Thorlabs. New Jersey USA, 2013

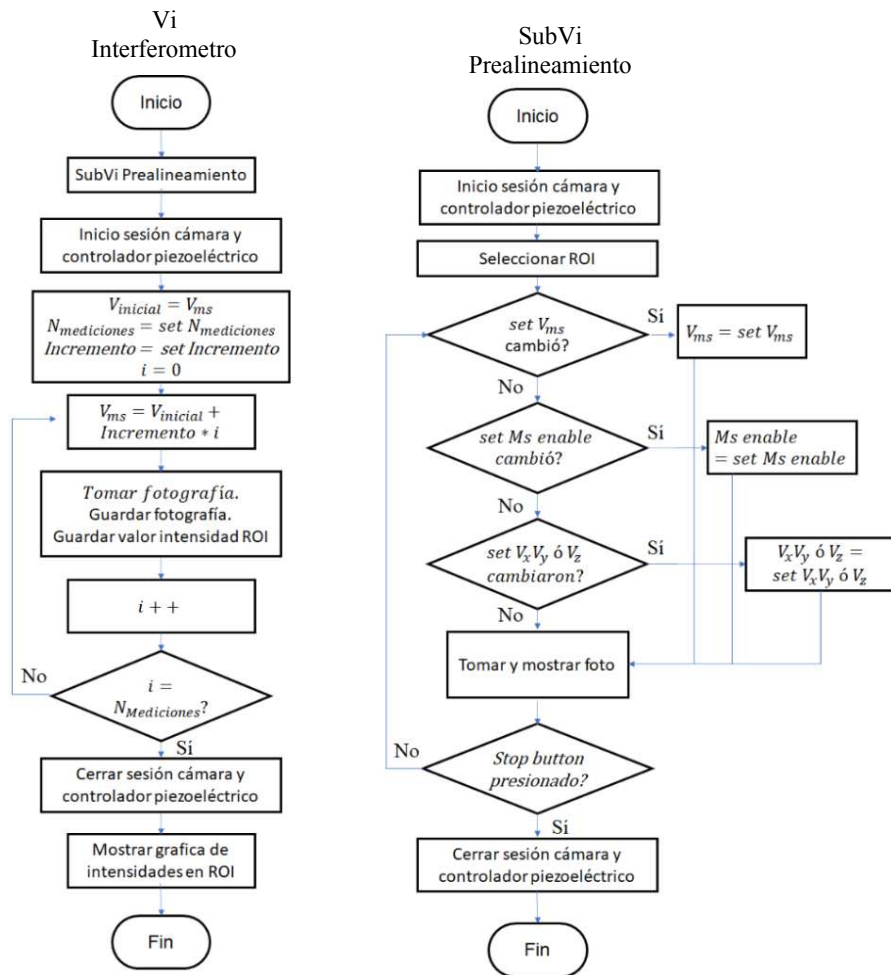


Fig. 4 Diagramas de flujo de ambos paneles del programa. Ms se refiere a Master Scan. Las variables que tienen el prefijo set (set Ms, set V_{ms} etc.) significa que son controladores en el panel frontal con los que el usuario interactúa.

Diseño de un sensor de temperatura de emergencia y para el estudio de ambientes remotos

Daniel Amaya, Ricardo Castro García

Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen— Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación y transformarlas en variables eléctricas. Una problemática que ha surgido alrededor de los sensores para medir el ambiente ha sido su propia autosuficiencia y la otra es la transmisión de datos. Este estudio propone una alternativa enfocada en los sensores de temperatura para minimizar ambas problemáticas tanto por separado como en su conjunto. Conforme se continúe experimentando con el sistema propuesto y se lleve a sus límites, se podría llegar a algoritmos más eficientes, mejoras en hardware y en consecuencia a la mejora en los materiales que componen y recubren la carcasa protectora haciéndola más duraderas y con mejor capacidad de aislamiento.

I. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha tenido la necesidad de atribuir propiedades a los objetos que lo rodean y también lo que percibe [1]. Tuvieron que pasar muchos siglos hasta que en 1969 Honeywell, empresa multinacional estadounidense, desarrolló el primer sensor inteligente como una solución al problema de compensación de temperatura en los sensores de la época.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación (temperatura, intensidad lumínica, presión, desplazamiento, entre otras), y transformarlas en variables eléctricas (resistencia, tensión y corriente eléctrica) [2].

Una problemática que ha surgido alrededor de los sensores para medir el ambiente (temperatura y humedad, por ejemplo) ha sido su propia autosuficiencia. La mayoría de los sensores de temperatura convencionales dependen directamente de la red eléctrica principal, volviéndolos vulnerables quedar inutilizados en caso de un fallo en la red a causa de un fenómeno natural o un error humano [1,2]. Un ejemplo de ello fueron los apagones eléctricos y la redistribución de la energía en el Norte y Centro de México derivada de la tormenta invernal ocurrida en el Sur de Estados Unidos [3]. Por otro lado, en Julio de 2021, un incidente con un hidroavión generó un problema en la red francesa de muy alta tensión provocando la desconexión temporal de regiones de España y Portugal [4].

Otra problemática que se tiene con los sensores para medir el ambiente es la transmisión de datos, ya sea por la posición geográfica o por la falta de infraestructura resulta inviable la transmisión de datos Instrumento-Maquina vía inalámbrica, afectando directamente el estudio del comportamiento de la zona o de un seguimiento adecuado a algún fenómeno y/o variable.

Este estudio propone una alternativa enfocada en los sensores de temperatura para minimizar ambas problemáticas tanto por separado como en su conjunto usando un sensor de temperatura alimentado por baterías y/o un panel solar los cuales son una fuente de voltaje independiente de la red eléctrica principal. Además de permitir el almacenamiento de los datos obtenidos por el sensor a lo largo del tiempo permitiéndole al usuario (si llega a ser necesario) llevar a cabo un seguimiento de la temperatura.

II. MÉTODOS

A. Diseño del sistema

El sistema consta de 4 módulos de hardware: un termistor NTC 10k Ω $\pm$ 1% 3950 aprueba de agua; una pantalla LCD 16x2; un módulo micro SD para Placas de Desarrollo Arduino IC-20106; y una placa de desarrollo Arduino UNO. El sensor de temperatura (termistor) acoplado a la placa de Arduino y posteriormente calibrado. Después, se añade la pantalla LCD con el fin de brindar información en tiempo real al usuario sobre el entorno (temperatura), a su vez que el tiempo en el que se toma la medida (fecha y hora). A continuación, se instala el modulo micro SD para el almacenamiento de datos.

Las siguientes subsecciones explican los módulos constituyentes con más detalle.

- 1) **Calibración del Termistor:** Recordemos que en los termistores de coeficiente de temperatura negativo (NTC) su resistencia disminuye conforme su temperatura incrementa. Para poder determinar la temperatura utilizando un termistor, conocer el valor de su resistencia eléctrica en las diferentes temperaturas.

Dada la curva que se genera a partir de la grafica *Temperatura (°C) vs Resistencia(k Ω)*. Notamos que

la ecuación de Steinhart-Hart modela la evolución de la resistencia eléctrica de un semiconductor según su temperatura.

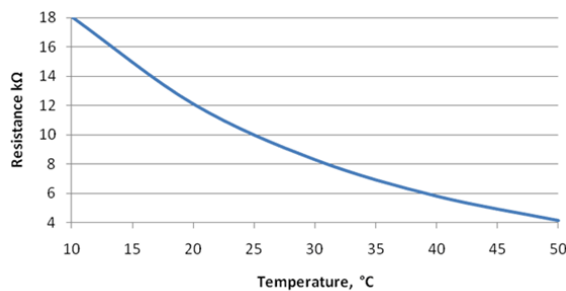
$$\frac{1}{T} = A + B * \ln(R) + C(\ln(R))^3 \quad (1)$$

Siendo T la temperatura en grados Kelvin, R la resistencia en ohmios del termistor y los coeficientes (A , B y C) son los coeficientes Steinhart-Hart que están determinados por las características de cada termistor. Los coeficientes se pueden obtener de las hojas de datos brindadas por el fabricante y también es posible determinarlos, si se conocen las resistencias y las temperaturas, planteando un sistema de ecuaciones 3x3 usando la ecuación 1.

Despejando T y una vez obtenidos los coeficientes de Steinhart-Hart obtenemos:

$$T = \frac{1}{0.001129148 + (0.000234125 + 0.0000000876741(\ln(R))^2)\ln(R)} \quad (2)$$

y finalmente se convierte la temperatura obtenida ($^{\circ}\text{K}$) a la escala deseada.



Gráfica 1: Curva de un Termistor NTC 10k Típico

- 2) **Almacenamiento de Datos y Pantalla LCD:** En caso de que el Arduino detecte la tarjeta, este automáticamente comenzará a almacenar los datos de la temperatura y el momento en que tomó la temperatura en el intervalo deseado por el usuario (1 segundo, 5 minutos, 30 minutos, entre otros) en un archivo con formato de bloc de notas (.txt). Este archivo podrá ser fácilmente exportado a cualquier otro programa para el procesamiento de los datos. Al mismo tiempo, los datos almacenados en la tarjeta micro SD, se mostrarán en la pantalla LCD. En caso de retirarse la memoria, el almacenamiento se detendrá pero la LCD seguirá mostrando en pantalla los datos. A su vez, si se vuelve a instalar la tarjeta micro SD, el almacenamiento de datos se reanudará sin problemas. Se recomienda encarecidamente retirar la tarjeta micro SD con la menor frecuencia posible para evitar corrupciones en el archivo.

B. Configuración de las pruebas

Prueba 1: Medición de Temperaturas en el ambiente. En base a la información del fabricante, el rango de medida del termistor abarca desde los -20°C hasta los 130°C . Por lo que se probará en temperatura ambiente bajo techo para después transportar el sensor a una zona sin techo para observar el incremento en la temperatura que implica la exposición al sol.

Prueba 2: Cambios Abruptos en la temperatura. El sensor será enfriado a temperaturas cercanas a 0°C o menores con agentes para enfriamiento para ser expuesto inmediatamente a temperaturas por encima de los 80°C con ayuda de una flama y luego repetir el proceso de manera invertida.

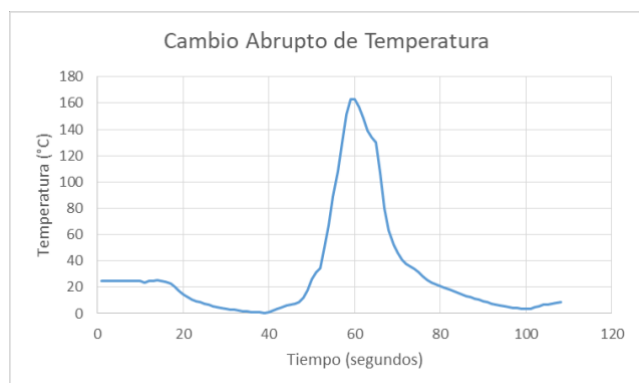
III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Prueba 1: Medición de Temperaturas en el ambiente. Se obtuvo el esperado escalado progresivo en la temperatura conforme pasábamos de una habitación techada con una temperatura de 28°C al exterior con una temperatura de 32°C lo cual coincide con las temperaturas reportadas por los servicios meteorológicos.

Prueba 2: Cambios Abruptos en la temperatura. Por motivos de infraestructura fue imposible llevarla por debajo de los -5°C , llegando a un mínimo de 0.63°C . Sin embargo, al aumentar la temperatura se obtuvo un escalado “progresivo” en temperaturas, cuyo pico de diferencia más alto fue de $+21.1^{\circ}\text{C}$, a pesar de estar cerca del límite de los 130°C alcanzando los 146°C antes de comenzar a enfriarlo nuevamente. Cuando se invirtió el proceso (calentar para luego enfriarlo) los resultados fueron similares teniendo un pico de diferencia de -26.4°C . Los cambios abruptos en la temperatura no afectaron el sensor, más allá de los picos de caída y de subida que implican los cambios de temperatura en estas circunstancias.

Un detalle a tomar en cuenta es que el sensor es analógico, lo que lo hace vulnerable ante ruido eléctrico, magnético y variaciones de tensión. Otro detalle importante a tomar en cuenta es la fuente de voltaje que alimentará el sensor. Recordemos que el objetivo es tener un sensor independiente de la red eléctrica principal. Una batería de 9V asegura un máximo de 5 horas de trabajo continuo antes de que se descargue, por otro lado una serie de baterías de 1.5v conectadas en serie o serie-paralelo podría sostener un mínimo de hasta 10hrs de uso continuo, convirtiéndola en la alimentación más viable para un uso de emergencia hasta que el servicio eléctrico quede restaurado.

Otra alternativa es el uso de paneles solares. Para un escenario en el que se realiza un estudio del ambiente sería posible sacarle el máximo provecho si se tiene un lugar para almacenar la energía que se vaya obteniendo y que sustituya a la energía solar cuando esta ya no sea posible ser obtenida. En ambos escenarios, el almacenamiento de datos jugará un papel importante si el usuario así lo requiere.



Grafica 2: Datos obtenidos en el la prueba de cambio abrupto de temperatura a lo largo del tiempo

IV. CONCLUSIONES

En los tiempos modernos, los sensores de temperatura son una pieza muy importante para el entendimiento de los ecosistemas y el desarrollo industrial. El tener un sensor de temperatura para emergencia en la industria permite que en todo momento se conozca la temperatura del entorno de trabajo (ej. un almacén) y permita al usuario planificar de mejor manera sus acciones a diferentes plazos, considerando la situación de emergencia.

Para el estudio de ambientes remotos o con falta de infraestructura para las comunicaciones, el almacenamiento de datos se vuelve una ventaja muy importante ya que la transmisión de señales se vuelve algo imposible por lo que solo sería cuestión de recopilar datos conforme el estudio lo requiera.

Conforme se continúe experimentando con el sistema propuesto y se lleve a sus límites, se podría llegar a algoritmos más eficientes, mejoras en hardware y en consecuencia a la mejora en los materiales que componen y recubren la carcasa protectora haciéndola más duraderas y con mejor capacidad de aislamiento.

Finalmente, sería interesante conocer la duración del sensor a largo plazo en diferentes ambientes naturales antes de que sea necesario reemplazar alguna de sus piezas o el sensor en su totalidad.

V. RECONOCIMIENTO

El autor agradece a Andrea Parga Flores por brindar la infraestructura y la instrumentación necesaria para realizar las pruebas y los experimentos.

REFERENCES

- [1] E. S. Susana y M. M. Roberto, “*El Termómetro: Historia De Uno De Los Instrumentos Básicos De La Práctica Médica Cotidiana*”, Revista Médica Universitaria, Facultad de Ciencias Médicas UNCuyo, vol. 6-, no. 1, 2010.
- [2] C. R. Angel, B. B. Ramon, P. A. Ramon, “*Sensores Inteligentes: una historia con futuro*”, Universidad Politécnica De Catalunya, Barcelona, España, 1999.
- [3] “Apagones en México: la histórica tormenta invernal en Texas que ha causado cortes eléctricos en la mitad del país latinoamericano”, BBC News Mundo, Febrero 2021. [Online]. Disponible: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-56078326>
- [4] “Una rotura de la conectividad eléctrica con Francia provoca un apagón en media España”, El País, Julio 2021. [Online]. Disponible: <https://elpais.com/economia/2021-07-24/un-rotura-de-la-conectividad-electrica-con-francia-provoca-un-apagon-en-media-espana.html>



Daniel Amaya

(A322556@alumnos.uaslp.mx)

comenzó a estudiar en 2020 la licenciatura en Ingeniería Física en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí donde actualmente cursa su cuarto semestre. Desde 2021, pertenece a la asociación civil “Cazadores de Estrellas Durango”

donde se desempeña como divulgador en las áreas de Astronomía, Física e Instrumentación Espacial. También ha colaborado con material de divulgación para la Asociación Aeroespacial de la Facultad de Ingeniería (AAFI) de la UNAM y para la revista Auronova perteneciente a la empresa Aurospace.

Realidad Aumentada con Inteligencia Artificial

J.M. Fortuna-Cervantes, M. Mejía-Carlos, *Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias-IICO, San Luis Potosí, México*

M.T. Ramírez-Torres, *Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Coordinación Académica Región Altiplano Oeste, San Luis Potosí, México*

D.A. González-Gómez, *Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Computación, Ciudad de México, México*

Resumen—El uso de la Realidad Aumentada (RA) dentro del la industria 4.0 se ha incrementado en aplicaciones de ingeniería, civiles y de aprendizaje. Una parte fundamental es reconocer y obtener puntos característicos de objetivos con la finalidad de superponer objetos en 2D o 3D. Por esta razón, la inteligencia artificial en el área de la visión por computadora se ha convertido en una herramienta de análisis esencial. En este trabajo, nos centramos en el desarrollo de aplicaciones de uso con Realidad Aumentada, donde utilizamos algunos marcadores para establecer nuestro punto de referencia. Presentamos un sistema completo que es desarrollado en Unity - Vuforia. Además, se implementa una aplicación (App para android) en diferentes casos de uso dentro de la Industria 4.0.

Palabras clave—Realidad aumentada, extracción de características, coincidencia de características, homografía, marcadores, Unity-Vuforia.

I. INTRODUCCIÓN

ESTE trabajo se ha centrado en el desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada (RA). Se muestra los principios básicos de interacción con la RA, como por ejemplo, la superposición de objetos en 2D y 3D a partir de marcadores de referencia. Dentro del campo de desarrollo tecnológico, el desarrollo de estas aplicaciones (App para

android) tiene algunas áreas de aplicación, como el entre-

namiento con Realidad Aumentada, la importancia de la RA en la arquitectura como caso de uso y un acercamiento con la Realidad Mixta (MA), por mencionar algunas.

La implementación de cada sistema de RA se desarrolla en tres etapas. La primera tiene que ver con la extracción de características donde extraemos los puntos característicos de nuestra imagen de referencia y de la imagen destino. La segunda etapa involucra a los puntos característicos encontrados, la idea es encontrar la coincidencia de la mayoría de estos puntos entre ambas imágenes. Una vez que estas características coinciden, el siguiente paso es encontrar una transformación de perspectiva entre la ubicación de los puntos clave coincidentes en las dos imágenes usando homografía. Por último, dentro de la aplicación final se realiza la lectura virtual, se superpone la imagen virtual con la imagen de referencia, donde al final se tendría una etapa de renderización. El resto del documento está organizado de la siguiente manera, Sección II se describe la motivación de nuestro trabajo. Sección III se introduce a la metodología y una breve

descripción del proyecto. La sección IV se muestra la parte experimental. Finalmente, en la Sección V se presenta las conclusiones.

II. MOTIVACIÓN

La motivación de nuestro proyecto se centra en el papel de la Inteligencia Artificial (IA) en la industria y por otro lado en la parte educativa y enseñanza. La cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0, es el resultado de la evolución de los sistemas de trabajo que a lo largo de la historia han cambiado radicalmente la manera en que la sociedad vive y se desarrolla, ver Figura 1.

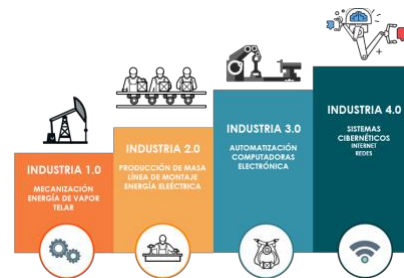


Fig. 1. Cuatro revoluciones industriales [1].

También, sabemos de los retos que trae la industria 4.0. y la fusión de tecnologías como el Internet de las cosas (IOT) y sistemas ciberfísicos, el big data, la minería y análisis de datos, simulación y fabricación aditiva (impresión 3-D), sistemas de integración horizontal y vertical, la ciberseguridad, la realidad virtual y Realidad Aumentada, el cómputo en la nube y por supuesto en el área de la robótica, ver Figura 2. En particular, nos adentramos en el desarrollo de aplicaciones con Realidad Aumentada.

La Inteligencia Artificial (IA) es la ciencia e ingeniería de las máquinas que actúan de manera inteligente. La IA es capaz de:

- Tomar decisiones apropiadas en circunstancias inciertas.
- Mejorar su comportamiento con base en sus experiencias.

Las computadoras y los cerebros se construyen bajo principios diferentes. En nuestro cerebro todas las neuronas se comunican a través de trenes de pulsos que forman patrones.

Todo lo que un cerebro conoce y reconoce son patrones. Estos patrones cambian con el tiempo. Por ejemplo: los movimientos sacádicos. Los ojos se fijan en un punto y luego saltan a otro



Fig. 2. Los cambios que trae la industria 4.0 [1].

punto. La entrada a la corteza son siempre patrones espacio-temporales. El cerebro no computa soluciones a problemas, obtiene las respuestas de memoria. La corteza cerebral es un sistema completo de memoria. Usa memorias guardadas para resolver problemas y producir comportamiento.

III. METODOLOGÍA

En la descripción de nuestro proyecto, primero nos enfocamos en dos cosas extraer las características de la imagen de referencia y de la imagen destino, ver Figura 3.

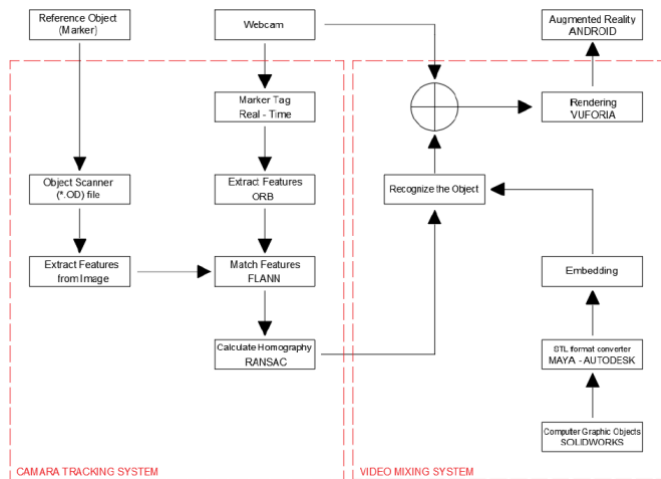


Fig. 3. Diagrama del proceso para aplicar la Realidad Aumentada [2]

A. Extracción de características.

Se aplica ORB (*Oriented FAST Rotative BRIEF*) a dos imágenes (imagen referencia y destino) para extraer los puntos característicos (*Keypoints*) [3]. ORB es básicamente una fusión del detector de puntos clave FAST y el descriptor BRIEF con muchas modificaciones para mejorar el rendimiento. Primero usa FAST para encontrar puntos clave, luego aplica la medida de la esquina de Harris para encontrar los N puntos principales entre ellos. También, utiliza la pirámide para producir características multiescala. Por otro lado, se puede usar SIFT (*Scale-Invariant Feature Transform*) un algoritmo que extrae puntos clave y calcula sus descriptores. Diseñado

por David G. Lowe en el 2004 [4]. También, se puede aplicar SURF (*Speeded Up Robust Features*) un algoritmo de visión por computador, capaz de obtener una representación visual de una imagen y extraer una información detallada y específica del contenido. El algoritmo SURF se presentó por primera vez por Herbert Bay en el 2006 [5].

B. Coincidencia de características.

A partir de los puntos característicos, se encuentran las similitudes (etapa de coincidencia de características) de los puntos clave en ambas imágenes, se utiliza FLANN (*Fast Library for Approximate Nearest Neighbors*). FLANN contiene una colección de algoritmos optimizados para la búsqueda rápida de vecinos más cercanos en grandes conjuntos de datos y para características de alta dimensión [6]. Funciona más rápido que BF (Fuerza Bruta). FLANN toma el descriptor de una característica (*Keypoint*) en el primer conjunto y se compara con todas las demás características en el segundo conjunto utilizando algún cálculo de distancia. Y se devuelve el más cercano.

C. Homografía.

Una vez que las características coinciden (después de extraer los puntos clave), el siguiente paso es encontrar una transformación de perspectiva entre la ubicación de los puntos clave coincidentes en las dos imágenes usando homografía (H). En el campo de la visión artificial, dos imágenes cualesquiera de la misma superficie plana en el espacio, están relacionadas por una homografía. Una matriz de transformación te lleva de un plano a otro plano pero a través de un punto de proyección. En este caso, se puede utilizar RANSAC (*Random Sample Consensus*) es un método iterativo para calcular los parámetros de un modelo matemático de un conjunto de datos observados que contiene valores atípicos. Es un algoritmo no determinista en el sentido de que produce un resultado razonable solo con una cierta probabilidad, mayor a medida que se permiten más iteraciones. El algoritmo fue publicado por primera vez por Fischler y Bolles en 1981 [7]. De esta forma podemos deformar la imagen destino con el mismo marco de coordenadas entre ambas.

En una segunda etapa se realiza la lectura virtual, se superpone la imagen virtual con la imagen de referenciay por ultimo se diseña la renderización. Estos algoritmos forman parte de la mencionada inteligencia artificial, capaz de entrenar un sistema para que interprete imágenes y determine el contenido.

IV. RESULTADOS EXPERIMENTALES Y DISCUSIÓN

Para la implementación de nuestro sistema con Realidad Aumentada, podemos tener dos opciones, usar librerías de OpenCV y Python o usar Unity y Vuforia. Unity es un motor gráfico multiplataforma 2D y 3D, que está transformando la industria del videojuego, pertenece a Unity Technologies y sirve para la creación de videojuegos. Por otro lado, Vuforia es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma,

con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware (incluyendo dispositivos móviles y monitores de realidad mixta). Por lo tanto, hemos decidido utilizar esta opción. Para el desarrollo de algunas aplicaciones demostrativas, ver Figura 4.



Fig. 4. Diagrama del proceso para la creación de App's con Realidad Aumentada (OpenCV vs Unity - Vuforia).

En la demostración, podemos ver la interfaz de usuario (App para android) a través de la pantalla de nuestro celular.

A. Unity – Primer Proyecto de RA (2D a 3D).



Fig. 5. El primer proyecto de RA es visualizar un robot 3D a partir de un marcador en 2D. Nuestro marcador de referencia es el Robot NAO. Ver en <https://youtu.be/5mTDXRnmBdc>.

B. Unity – Segundo Proyecto de RA (3D a 3D).

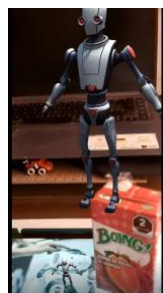


Fig. 6. El Segundo proyecto de RA es visualizar otro robot 3D a partir de un marcador en 3D, para esto se utilizó una caja de jugo, que al colocarla dentro del campo de visión de la cámara del celular aparecerá automáticamente. Nuestro marcador de referencia es el Robot NAO. Ver en <https://youtube.com/shorts/DXRY7zf4HTo>.

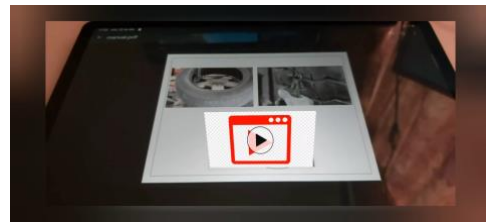


Fig. 7. En este caso, el proyecto tiene la capacidad de reproducir videos a partir de múltiples marcadores. Por lo que la aplicación permite capacitar de una manera diferente y hace relación a la industria 4.0. Ver en <https://youtu.be/jp0lNyU-sFw>.



Fig. 8. En este caso, se muestra la importancia de la RA dentro de la arquitectura, donde tiene un panel completo en el que se pueden manipular escenas, botones y texto. Esto permite tener una interfaz de usuario a partir de un marcador (que es el plano de la construcción). Ver en <https://youtu.be/qF-onkPtH8>.



Fig. 9. En este caso, se muestra otro proyecto en el cual se tienen múltiples marcadores, acerca de tipos de dinosaurios. En esta aplicación vemos la integración de texto (como un plano dentro de la escena) y diseños 2D/3D de los dinosaurios. Ver en <https://youtube.com/shorts/OcwvabufjxI>.

C. 'Manual de Entrenamiento con Realidad Aumentada' para la industria 4.0 (Unity-Vuforia).

D. Importancia de la RA en la Arquitectura 'Caso de uso' (Unity-Vuforia).

E. Unity – Quinto Proyecto de RA (múltiples marcadores).

F. Bonus – Realidad Mixta.

Además, como trabajo adicional presento algunos desarrollos de realidad mixta. Que es la interacción con algunos botones dentro de nuestro marcador.

- En la primera interfaz se muestra como se aparece el cubo cuando activo la zona del botón dentro del marcador.



Fig. 10. Cubo - Aparecer. Ver en <https://youtube.com/shorts/RAINR0AnkNc>.

- En la segunda interfaz se visualiza como el cubo gira al momento de activar el segundo botón.

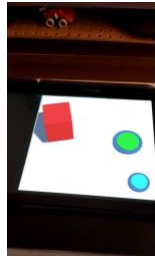


Fig. 11. Cubo - Giro. Ver en <https://youtu.be/d1IZWyHKiNY>.

- Por ultimo, con esta idea de realidad mixta, se tiene una primera versión para la manipulación de un personaje virtual dentro de un mundo virtual mediante botones. De momento solo tiene la animación de correr.



Fig. 12. Escenario virtual - Manipulación de objeto. Ver en <https://youtu.be/gUMjF4yUZEo>.

V. CONCLUSIÓN

La importancia de integrar la RA en la industria 4.0 permite optimizar recursos de operación, capacitación y de aprendizaje. Este nuevo desarrollo de aplicaciones abre la oportunidad de que el usuario aprenda de una manera diferente a lo tradicional. El desarrollo de nuestros casos de uso nos brinda una visión de los alcances que se pueden hacer en otras áreas. Se establece un proceso para el diseño de aplicaciones. En este trabajo hemos adaptado el uso de Unity-Vuforia para el desarrollo de proyectos con Realidad Aumentada. En particular, con estas propuestas, permite conocer todas las herramientas de desarrollo y diseño para la interfaz de usuario. Se muestra que los casos propuestos logran mantener las características principales de la RA. Lo que quiero decir es que mantiene la etapa de procesamiento de Imagen, estimación de pose, Homografía, que son métodos del área de la IA, además

del modelado, la superposición y por supuesto el renderizado. Como trabajo futuro es seguir perfeccionando cada escena dentro de Unity. Además, este enfoque y el diseño del mundo virtual, permitirá diseñar otras aplicaciones.

ACKNOWLEDGMENT

J. M. Fortuna-Cervantes es becario doctoral del CONACYT (México) en el Programa de Posgrado en “Ciencias Aplicadas” del IICO-UASLP.

REFERENCES

- [1] D. A. G. Gómez, *Realidad Aumentada con Inteligencia Artificial*, 1st ed., Dive In Learning, mar 2022.
- [2] D. A. G. Gomez, “Augmented reality based on assembly instructions for an educational toy,” Master’s thesis, Centro de Investigación en Computación, IPN, dec 2021.
- [3] E. Rublee, V. Rabaud, K. Konolige, and G. Bradski, “Orb: An efficient alternative to sift or surf,” in *2011 International conference on computer vision*. Ieee, 2011, pp. 2564–2571.
- [4] G. Lowe, “Sift-the scale invariant feature transform,” *Int. J.*, vol. 2, no. 91-110, p. 2, 2004.
- [5] H. Bay, T. Tuytelaars, and L. V. Gool, “Surf: Speeded up robust features,” in *European conference on computer vision*. Springer, 2006, pp. 404–417.
- [6] M. Muja and D. G. Lowe, “Fast library for approximate nearest neighbors,” 2015.
- [7] M. A. Fischler and R. C. Bolles, “Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography,” *Communications of the ACM*, vol. 24, no. 6, pp. 381–395, 1981.



J.M. Fortuna-Cervantes se graduó en Ingeniería Mecatrónica en el Instituto tecnológico de San Luis Potosí (ITSLP), S.L.P., México en el 2014. Obtuvo el grado de Maestro en Ciencias Aplicadas en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias (IICO-UASLP), S.L.P., México, en 2018. Actualmente es becario doctoral en el programa de posgrados de calidad CONACYT en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, (IICO-UASLP), S.L.P., México.



M.T. Ramírez-Torres recibió el título de ingeniero en Mecatrónica en el Instituto tecnológico de San Luis Potosí (ITSLP), S.L.P., México en el 2009 y el título de Maestro en Ciencias Aplicadas en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias (IICO-UASLP), S.L.P., México, en 2011. Obtuvo el grado de doctor en Ciencias Aplicadas en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias (IICO-UASLP), S.L.P., México, en 2015. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo en la Coordinación

Académica Region Altiplano Oeste en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Además, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT. Su interés en la investigación incluye procesamiento de señales y criptografía.



M. Mejía-Carlos recibió el título de ingeniero en Electrónica en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Facultad de Ciencias, S.L.P., México, en 1992 y el título de maestro en Ingeniería Eléctrica en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP), Facultad de Ingeniería, S.L.P., México, en 1997. Obtuvo el grado de doctor en Ciencias Aplicadas en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ciencias (IICO-UASLP), S.L.P., México, en 2001. Actualmente es profesor investigador de tiempo completo en el Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Facultad de Ciencias en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Además, pertenece al Sistema Nacional de Investigadores de CONACYT. Su interés en la investigación incluye procesamiento de señales y comunicaciones.



D.A. González-Gómez recibió el título de maestro en Ciencias Computacionales en el Instituto Politécnico Nacional (IPN), Centro de Investigación en Computación, Laboratorio de Robótica y Mecatrónica, Ciudad de México, México, en 2021. Actualmente es Instructor en el Dive In Learning impartiendo cursos de realidad aumentada. Su interés en la investigación incluye realidad aumentada, procesamiento de imágenes y inteligencia artificial.

Plataforma de HW/SW basada en componentes virtuales para el desarrollo ágil de redes de sensores inalámbricas de bajo costo

Luis Octavio Ortega Gutiérrez
Facultad de Ingeniería, UASLP
S. L. P, México
luis.ortega@uaslp.mx

Carlos Soubervielle-Montalvo
Facultad de Ingeniería, UASLP
S. L. P, México
carlos.soubervielle@uaslp.mx

Pedro David Arjona Villicaña
Facultad de Ingeniería, UASLP
S. L. P, México
david.arjona@uaslp.mx

Oscar Ernesto Pérez-Cham
Facultad de Ingeniería, UASLP
S. L. P, México
oscar.cham@uaslp.mx

Resumen—Actualmente, la implementación de redes de sensores inalámbricas (WSN, *Wireless Sensor Networks*) se realiza por medio de software embebido personalizado para los diferentes nodos que las conforman. Comúnmente se emplean dos o más microcontroladores (MCU) para el desarrollo de cada nodo sensor o Mote. Un MCU se utiliza como radio (dedicado al protocolo inalámbrico), los demás MCU se usan para la adquisición y acondicionamiento de las señales obtenidas por los sensores. Lo anterior, incrementa el costo de las WSN, su consumo de energía y los tiempos de desarrollo, causando problemas de mantenimiento y escalabilidad. En este artículo se presenta una plataforma de HW/SW basada en el *Core XBeepro S2B* para implementar de forma ágil una WSN para monitoreo ambiental de bajo costo con topología de estrella basada en el protocolo *ZigBee*. Dicha plataforma tiene la ventaja de facilitar la configuración de sensores analógicos o digitales por medio de componentes virtuales, además de generar el software embebido para los diferentes Motes (Router o End-Devices) de la WSN. Los componentes virtuales son interfaces gráficas de usuario (GUI, *Graphic User Interface*) que se desarrollan mediante el lenguaje extendido de marcado (XML, *Extended Markup Language*) y consideran pines específicos para conectar diferentes sensores en nuestro prototipo de hardware que se indican mediante un pin-map. La comparación en cuanto a costo, consumo energético, mantenibilidad y escalabilidad con respecto a otras plataformas del estado del arte, confirma que nuestra propuesta es una mejor opción para implementar este tipo de WSN.

Palabras Clave—WSN, *ZigBee*, *Mote*, XML, GUI, *Componente Virtual*

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace algunos años, la necesidad de automatizar el monitoreo de entornos internos o externos para control de procesos y toma de decisiones se ha vuelto muy relevante, esto con el fin de atender las problemáticas de interés mundial en las que se requieren soluciones urgentes, tales como: reducción de gases de efecto invernadero, ahorro de energía, cuidado del agua, entre otros. Dicha automatización es posible gracias a sistemas embebidos encargados de generar, procesar y comunicar los datos mediante diversas tecnologías relacionadas a los campos de las redes de sensores inalámbricas (WSN, *Wireless Sensor Networks*) y el Internet de las Cosas (IoT, *Internet of things*) [1].

Este artículo propone una solución tecnológica para el monitoreo ambiental (sensado de variables climáticas), basada

en la implementación de una WSN. Una WSN consta de la distribución espacial de sistemas inalámbricos autónomos de aplicaciones específicas y recursos limitados, denominados nodos de sensores o Motes, que son de tamaño pequeño y que pueden sensar y almacenar lecturas de variables ambientales [2]. Cada uno de estos Motes tiene la capacidad de sensar distintas variables meteorológicas de forma independiente lo que permite una mayor resolución espacial, además pueden ser ubicados a distancias mayores de 100 metros dependiendo del protocolo de comunicación inalámbrico empleado. El destino de dicha información puede ser otro Mote o una computadora personal conectada al Internet para el análisis de la información o para la integración de la WSN al IoT.

A continuación, se mencionan algunos datos relevantes sobre las tecnologías y métodos empleados, así como la justificación de la selección de estos. El diseño y desarrollo de la plataforma de HW/SW se basa en trabajos previos [3, 4] donde se usó la metodología de diseño de sistemas embebidos conocida como co-design [5, 6]. La tecnología inalámbrica de los Motes cumple con el estándar IEEE 802.15.4 que trata de redes inalámbricas personales de baja tasa de transferencia (LRWPAN, *Low Rate Wireless Personal Area Network*) por lo que es apropiada en aplicaciones que requieren ahorro de energía y largos tiempos sin supervisión a la intemperie, ya que con ello se mejora la eficiencia energética y los bajos costos de implementación. Más específicamente, se usa el *Core XBeepro S2B* de la empresa *Digi* como sistema en un chip (SoC, *System on Chip*) para el Mote propuesto, y el protocolo inalámbrico *ZigBee*, con un rango de alcance de hasta 1500 metros. Este SoC contiene dos microcontroladores (MCU, *microcontroller*), uno de los cuales se configura para implementar el protocolo *ZigBee* (MCU Radio), el otro MCU es totalmente programable y ayuda a reducir carga de procesamiento, además de contar con diferentes interfaces para conectar sensores. El Mote se diseñó para poder usar sensores analógicos o digitales. Los sensores analógicos cuentan con una resolución de 12 bits gracias al módulo convertidor analógico a digital (ADC) del MCU programable. Los sensores digitales considerados utilizan protocolos de comunicación serial como I2C, SPI o *1-Wire*. Hasta el momento se ha probado con 3 sensores específicos: el BMP180 para medir presión barométrica y temperatura, el DHT22 para medir humedad y temperatura, además el sensor OPT101, utilizado para medir intensidad luminosa, se adaptó para medir radiación solar.

En la parte del SW, se seleccionaron las herramientas adecuadas para facilitar y automatizar partes del proceso de implementación de la WSN. Además, se propone el desarrollo de componentes virtuales, que permiten generar software que llena espacios en el flujo de trabajo usando como base las herramientas que proporciona el fabricante del *Core*. Adicionalmente, se da la posibilidad de crear nuevos componentes virtuales, de una manera sencilla, lo que permite reutilizar las bibliotecas desarrolladas. Se elaboró un manual de instrucciones paso a paso para crear estos componentes virtuales y como se pueden usar en otros proyectos para implementar WSN similares.

Mediante las herramientas proporcionadas por el fabricante del *Core* se pudo construir un *firmware* eficiente y confiable para el MCU programable, usando el ambiente integrado de desarrollo (IDE, *Integrated Development Environment*) *Codewarrior* al cual se le debe instalar adicionalmente el paquete de herramientas para el desarrollo de *software* (SDK, *Software Development Kit*) llamado *XBee SDK* [7], que contiene funciones para el *Core* y un intérprete de lenguaje de marcado extensible (XML, *eXtended Markup Language*) [8, 9] que permitirá crear componentes virtuales asociados a los sensores requeridos, utilizando una interfaz gráfica de usuario (GUI, *Graphic User Interface*) que permite agilizar el desarrollo de la WSN propuesta, sin la necesidad de que el usuario tenga un conocimiento total de todas estas herramientas de HW y SW. También se creó una interfaz para la programación de aplicaciones (API, *Application Programming Interface*) del protocolo serial I2C y bibliotecas necesarias que permiten dar modularidad al sistema, todas ellas escritas en lenguaje C. La pila del protocolo inalámbrico seleccionado se obtiene transfiriendo un *firmware* al MCU Radio del *Core* utilizando como herramienta, la aplicación XCTU de Digi.

II. DESARROLLO DEL SOFTWARE EMBEBIDO

En el desarrollo del software embebido, cabe resaltar que no solo se trabajó de manera abstracta con la virtualización de componentes, también se trabajó a bajo nivel, al programar funciones como las que se encuentran dentro de la biblioteca *i2c_xbee* del protocolo serial I2C para conformar una API que simplifica el uso de las funciones nativas del módulo I2C del *Core XBee PRO S2B*. Se determinó que, para aprovechar las funciones provistas por el fabricante, era necesario conectar los sensores en los pines que por defecto son asignados a cierto tipo de interfaz. Además, se reutilizaron las funciones del protocolo *ZigBee* como *xbee_transparent_rx* para la recepción de paquetes de datos provenientes de nodos remotos, *node_discovery_callback* y *xbee_disc_discover_nodes* para la detección automática de nodos remotos por medio de un nombre descriptivo, lo cual elimina la necesidad de configuraciones complejas basadas en las direcciones MAC de cada dispositivo. Las funciones anteriormente mencionadas permitieron la creación de la biblioteca *m_red_zb* para una mejor estructura y modularidad. Es importante comentar que se experimentó con cuatro versiones de código para lograr optimizar la tarea de comunicación inalámbrica.

La metodología de desarrollo que se presenta en este trabajo tiene la ventaja de permitir que se habiliten o deshabiliten sensores, mediante la creación de macros que se guardan dentro de un archivo llamado *xbee_config.h*, lo cual reduce el uso de recursos y consumo de energía general del sistema a lo estrictamente necesario. Es decir, el software

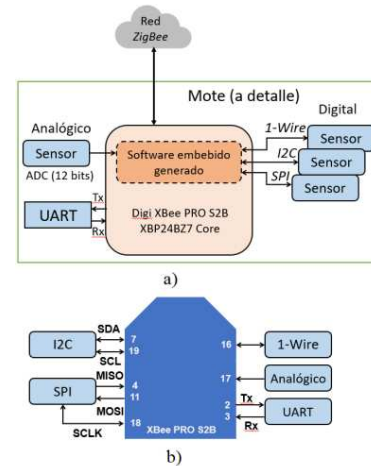


Fig. 1. Ilustración del Mote y Core: a) Mote a detalle con Core XBee PRO S2B XBP24BZ7 que se programa para tener la capacidad de comunicarse dentro de la WSN ZigBee. b) pin-map del Core.

embebido resultante que se genera de forma automatizada no contiene los fragmentos de código para la interacción con sensores que no se usarán. En la Fig. 1a, se visualiza el Mote de manera interna donde se puede observar al software embebido resultante como parte de la estructura principal y en la Fig. 1b, se puede conocer la ubicación física de los sensores en el *Core*, gracias a un *pin-map*.

Se propuso la creación de una interfaz gráfica de usuario (GUI, *Graphical User Interface*) que sirva al desarrollador para seleccionar los componentes virtuales que desea agregar al Mote. Esta GUI está basada en la herramienta *XBee Project Smart Editor* y se generó usando archivos de lenguaje de marcado extensible (XML, *eXtensible Markup Language*) que son interpretados y usados para generar formularios que deben ser llenados por el usuario final. Las entidades más importantes en todo documento XML son los elementos o las etiquetas (*tags*, en inglés) y son las que hay que aprender a utilizar para poder crear los componentes virtuales ya comentados. En la Fig. 2, se presenta un diagrama de secuencia que explica cómo se crea un componente de HW virtual y en la Fig. 3, se presenta un ejemplo de la creación de uno de los componentes de nuestra plataforma. La GUI permite seleccionar entre los componentes virtuales disponibles para que de manera automatizada se identifique e incluyan los fragmentos de código específicos (de la API creada) para usar esos sensores. Esto resulta en un *software* embebido personalizado que se instalará dentro del *Core XBee PRO S2B* y permitirá que usen los sensores seleccionados y además tendrá un rol establecido en la WSN *ZigBee*, ya sea como *router* o *end-device*.

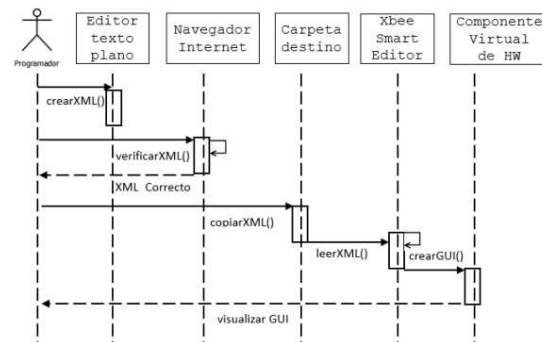


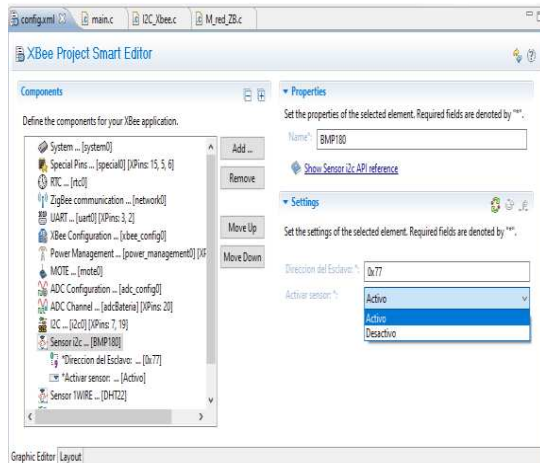
Fig. 2. Diagrama de secuencia para la creación de componente virtual.

```

<subcomponent label="Sensor i2c" visible="true">
  <physical_interface>false</physical_interface>
  <is_unique>false</is_unique>
  <is_removable>true</is_removable>
  <description>
    Agregar un sensor con protocolo de comunicación serial I2C.
  </description>
  <icon>icons/M_bmp180.png</icon>
  <generic_name>SISR_I2C</generic_name>
  <id>snsr_iic</id>
  <help_url>html/group_api_24xxx_eepram.html</help_url>
  <dependence type="existence">
    <depend_element>i2c</depend_element>
    <depends_on>existence</depends_on>
  </dependence>
  <includes>
    <include>#include <BMP180.h> </include>
  </includes>
  </subcomponent>

```

a)



b)

Fig. 3 Creación de componente virtual de HW: a) Parte del código XML que corresponde al sensor BMP180. b) Una vez que el analizador de XML del XBee SDK lee el archivo XML, crea la interfaz correspondiente.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las pruebas experimentales que se han realizado confirman que es posible implementar una WSN con una topología de tipo estrella que incluye: un coordinador que consta de un módulo *XStick* conectado a una laptop, un Mote *router*, y cuatro Motes *end-device*. Queda pendiente confirmar el máximo número de nodos que puede tener la WSN *ZigBee* antes de que se presenten problemas de colisión de paquetes de datos que afecten de forma negativa el desempeño.

En los experimentos realizados, los cuatro *end-devices* hacen el sensado de manera correcta y envían la información al *router*. El router se ha configurado de tal manera que realiza ambas tareas, la de enrutamiento y la de sensado. Dentro de la WSN *ZigBee* existe el dispositivo de mayor jerarquía que es el coordinador, el cual recibe del *router* la información condensada de todos los Motes (incluyendo la suya). Este coordinador tiene contacto directo con una PC común que usa la consola del IDE *Codewarrior* (herramienta del fabricante) para permitir al administrador supervisar la información generada por la WSN, así como registrar todas las lecturas dentro de un archivo de texto plano con el registro histórico.

En la tabla I, se puede observar un comparativo realizado con otras plataformas similares encontradas en el estado del

arte, tomando como base, 4 criterios comunes entre ellas, lo que confirma que nuestra plataforma es una mejor opción para implementar una WSN de una manera ágil, eficiente y a bajo costo.

TABLA I. COMPARACIÓN CON OTRAS PLATAFORMAS DEL ESTADO DEL ARTE [10, 11]

Características	Plataforma propuesta	SPROUTS	COOKIE NODE
Número de núcleos	1 por nodo	2 por nodo	3 por nodo
Consumo energético	Bajo	Medio	Alto
Mantenibilidad	Alta	Baja	Media
Usabilidad y escalabilidad	Alta	Baja	Media

Se documentaron las herramientas de HW y SW de la plataforma propuesta, lo que abre la posibilidad de generalizar el proceso para crear nuevos componentes virtuales que representen otros sensores analógicos o digitales, lo que permitirá desarrollar de forma ágil y eficiente el software embebido personalizado para los diferentes Motes (Router y End-Devices) que conformarán nuevas WSN *ZigBee* con topología de estrella, considerando las ventajas de bajo costo, bajo consumo energético, mantenibilidad y escalabilidad de las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Se recibió apoyo de CONACYT mediante la “Convocatoria de Ciencia Básica y/o Ciencia de Frontera 2022”, número de proyecto 320036. A Gerardo G. López Rocha por su apoyo en la soldadura de componentes SMD.

REFERENCIAS

- [1] Raghavan, V., & Shahnasser, H. (2015). Embedded wireless sensor network for environment monitoring. *Journal of Advances in Computer Networks*, 3(1), 13-17.
- [2] Barrenetxea, G., Ingelrest, F., Schaefer, G., & Vetterli, M. (2008, March). Wireless sensor networks for environmental monitoring: The sensorscope experience. In *2008 IEEE International Zurich Seminar on Communications* (pp. 98-101). IEEE.
- [3] A. Tovar, “Sistema embebido inalámbrico para monitorización de radiación solar,” in *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*, 2017.
- [4] A. López, “Diseño de una micro-estacion meteorológica capaz de generar una red de sensores inalámbrica,” in *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*, 2018.
- [5] Wolf, W. H. (1994). Hardware-software co-design of embedded systems. *Proceedings of the IEEE*, 82(7), 967-989.
- [6] De Michell, G., & Gupta, R. K. (1997). Hardware/software co-design. *Proceedings of the IEEE*, 85(3), 349-365.
- [7] XBee SDK Documentation (consultado en febrero de 2021) <https://xbee-sdk-doc.readthedocs.io/en/1.5.7/doc/introduction/>
- [8] Krishnamurthi, S., Gray, K. E., & Graunke, P. T. (2000, January). Transformation-by-Example for XML. In *International Symposium on Practical Aspects of Declarative Languages* (pp. 249-262). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] Marchal, B. (2002). *XML by Example*. Que Publishing.
- [10] El Kouche, A. (2012, June). Towards a wireless sensor network platform for the Internet of Things: Sprouts WSN platform. In *2012 IEEE International Conference on Communications (ICC)* (pp. 632-636). IEEE.
- [11] Mujica, G., Rosello, V., Portilla, J., & Riesgo, T. (2012, October). Hardware-software integration platform for a WSN testbed based on cookies nodes. In *IECON 2012-38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society* (pp. 6013-6018). IEEE.

Diseño y construcción de un intérprete de clave morse

Jesús Enrique Vega Mata, Brenda Guadalupe Chávez Sánchez, Manuel Alejandro Pérez Saldaña. Estudiantes del Instituto de Investigación en Comunicación Óptica.

Resumen – Se estableció como objetivo principal elaborar un traductor de clave morse utilizando una placa de desarrollo de software Arduino UNO y un sensor de sonido KY-038. Mediante el detector de sonido se recopilan las señales acústicas y el programa cargado en la plataforma Arduino cuantifica la duración de dicha señal y realiza la interpretación correspondiente (punto, raya o fin de carácter). Con la secuencia de caracteres del código morse construida se realiza la conversión a su respectiva letra del abecedario. Este proceso se repite hasta concatenar una palabra completa.

Palabras clave – Arduino, carácter, morse, sonido.

I. INTRODUCCION

La finalidad de este proyecto es mayoritariamente didáctica y es utilizar y aplicar los conocimientos en electrónica adquiridos por los estudiantes a lo largo de la carrera, así como desarrollar un proyecto que cumpla los estándares de evaluación establecidos dentro del tiempo dado. Por otra parte, el desarrollo del proyecto requirió de herramientas nuevas para los estudiantes lo que fomenta la exploración, experimentación y el autoaprendizaje en los estudiantes.

El proyecto elegido fue crear un traductor de clave Morse. Este traductor es capaz de detectar sonidos e interpretarlos como un “Punto” o una “raya” según su duración, para posteriormente procesar la información recibida y traducirlo a su carácter correspondiente según el código Morse.

Como un objetivo adicional, se buscaba implementar la traducción de una palabra en español a clave morse; de tal modo de que el dispositivo construido escuchase la voz de una persona y reconociera las palabras pronunciadas para hacer la respectiva traducción a Morse. Sin embargo, esto requería de herramientas de software y algoritmos más sofisticados y nuestro equipo priorizó la traducción de Morse a “español”.

Los materiales usados principalmente fueron una placa Arduino UNO, un módulo detector de sonido KY-038,

tablillas de prototipo (protoboard) y cables para realizar las conexiones entre los componentes.

II. ELABORACIÓN Y FUNCIONAMIENTO

Para detectar los sonidos se utilizó un sensor de sonido KY-038, que consiste en un micrófono de alta sensibilidad con un potenciómetro incorporado para ajustar la sensibilidad del micrófono. Tiene una salida digital y otra analógica, con las cuales se puede enviar una señal eléctrica al detectar un sonido.

Cuando el modulo detector de sonido recibe una señal acústica con la intensidad adecuada, emite una señal eléctrica y dicha señal es enviada al Arduino. El programa cargado en la placa Arduino se encarga de medir la duración de los sonidos recibidos por el micrófono (sensor KY-038) y de acuerdo con la duración interpreta el carácter en morse correspondiente.

Ya que en la practica la duración de dichos sonidos no es uniforme, se implementó un intervalo de tiempo de tolerancia para cada carácter en morse. Inicialmente se medía la duración entre las pausas de sonido, sin embargo, se observó que medir el intervalo de tiempo en el que se está detectando un sonido por el sensor resultaba más practico y optimizaba el trabajo de reconocimiento de caracteres.

Por ejemplo, si durante un segundo o más el micrófono detecta algún sonido el Arduino interpreta la señal acústica como una raya; de lo contrario la duración del sonido está entre cero segundos y un segundo, se interpreta como un punto.

Utilizando el procedimiento anteriormente descrito se discrimina la duración de los sonidos para interpretarlos como un punto o como una raya. En el código Morse, se utiliza un espacio de tiempo equivalente a tres puntos para separar una letra de otra, para simular esto se implementó un intervalo de tiempo que representa dicha separación, de modo que, al detectar una pausa lo suficientemente larga, el Arduino interpreta dicho silencio como un “fin de letra”.

En resumen, para construir una letra el Arduino debe recibir una serie de señales digitales discretas y la duración de cada señal se utiliza para generar un punto o una raya. Cuando el Arduino deja de recibir información durante un periodo de tiempo lo bastante largo, realiza la traducción de la secuencia

de puntos y rayas al carácter correspondiente. El proceso se repite hasta detectar una pausa más larga que la que representa el fin de carácter, interpretando esta pausa como un “fin de palabra” y mostrando la palabra construida en una pantalla.

III. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados logrados satisfacen el objetivo principal del proyecto, construir un interpretador de clave morse y formar palabras a partir de sonidos. Aunque solo se crea una palabra durante el proceso de traducción, el proceso descrito en este documento puede aplicarse tantas veces como sea necesario para traducir una frase o algo más largo. El único problema para solucionar es la forma de mostrar los datos al usuario, pues la pantalla utilizada en el proyecto solo puede mostrar una palabra al usuario. Además, ya que se está usando un microcontrolador, se debe tener cuidado de no exceder el límite de memoria del Arduino.

El proceso inverso consistiría en escuchar una palabra usando el detector de sonido y utilizar un algoritmo para reconocer las palabras vocalizadas por el usuario. Una vez obtenida la palabra, se pueden utilizar los mismos datos proporcionados al Arduino para traducir de clave Morse a un carácter, solo que en esta ocasión se traduciría de un carácter a clave Morse. El paso siguiente sería implementar un “buzzer” para reproducir la palabra en Morse formada. Sin embargo, elaborar un algoritmo de reconocimiento de voz no es una tarea trivial; por lo que la mejor opción sería optar por otra entrada de datos para recibir la palabra, por ejemplo, usar un teclado.

IV. REFERENCIAS

- BitwiseAr. (2017, 7 mayo). Arduino desde cero en Español - Capítulo 13 - Sensor de Sonido KY-038 y KY-037 (modo digital) [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=wfiSH0CkInE>
- Arduino. (s. f.). *Arduino.cc*. Recuperado 22 de abril de 2022, de <https://www.arduino.cc/> (DOCUMENTACIÓN)

Control in-situ y en tiempo real del crecimiento de estructuras multicapa de silicio poroso

Martín Andrés González Morales, Edgar Armando Cerda Méndez
Instituto de Investigación en Comunicación Óptica, Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Resumen— Se desarrolló un programa capaz de controlar la corriente aplicada a una oblea de silicio dependiendo de la reflectividad que presente el material. A través de un simulador se ejemplifican los mecanismos para el control y análisis de los datos.

I. INTRODUCCIÓN

EN la fabricación de estructuras multicapa de silicio poroso (pSi) se requiere aplicar una corriente a una oblea de silicio cristalino (cSi) a través de una solución electrolítica. Dependiendo de la corriente y el tiempo que se aplica se genera una capa de silicio poroso con un cierto grosor y un cierto índice de refracción. Si aplicamos diversas corrientes periódicamente podemos fabricar un espejo de Bragg como se muestra en la Fig. 1.

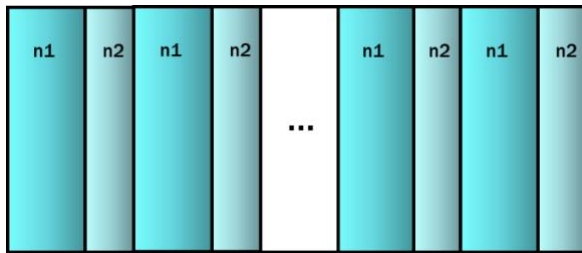


Fig. 1. Espejo de Bragg.

A través de un programa se desea controlar el crecimiento de cada capa de la estructura analizando la reflectividad de la oblea de silicio mientras se aplican las corrientes. Se utilizará un espectro de referencia que servirá como parámetro para analizar el proceso de crecimiento de las capas. Si el espectro medido en tiempo real es lo suficientemente parecido con el espectro de referencia se procederá a finalizar con el crecimiento de dicha capa para comenzar con el crecimiento de una nueva capa con un diferente índice de refracción por lo que se deberá cambiar la corriente aplicada. La Fig. 2 muestra el diseño del instrumento con el cuál se simulará el control del crecimiento de una estructura multicapas.

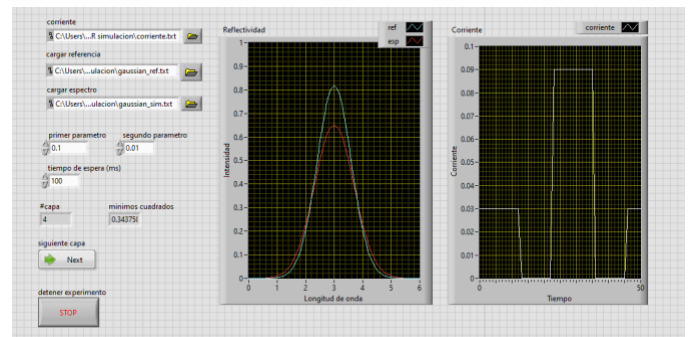


Fig. 2. a) El programa requiere tres archivos de texto donde le indiquen las corrientes que se aplicaran a la oblea de silicio, los espectros de referencia para cada capa que se desea crecer y los espectros que simularan los datos obtenidos por un espectrómetro en tiempo real. b) El programa cuenta con tres controles para ajustar los criterios con los que se evaluará el crecimiento de las capas de silicio poroso.

II. ADQUISICIÓN DE DATOS

El programa espera recibir en un archivo de texto las corrientes en el orden en que se desean aplicar a la oblea de silicio. Además, se debe cargar al programa los espectros de referencia, los cuales se desean comparar con los espectros medidos por un espectrómetro (Fig. 3). En el programa se utiliza una entrada de archivo de texto para simular los datos medidos por el espectrómetro como se muestra en la Fig. 2.

a)	0.03	b)	537	0.001	0.001	0.0	0.0
0	0		538	0.001	0.001	0.0	0.0
0.09	0		539	0.002	0.001	0.0	0.0
0	0		540	0.002	0.002	0.0	0.0
0.03	0		541	0.002	0.002	0.001	0.0
0	0		542	0.003	0.003	0.001	0.0
0.09	0		543	0.003	0.003	0.001	0.0
0	0		544	0.004	0.004	0.001	0.0
0.03	0		545	0.004	0.005	0.002	0.0
0	0		546	0.005	0.006	0.002	0.0
0.09	0		547	0.006	0.008	0.003	0.0
0	0		548	0.007	0.009	0.004	0.0
0.03	0		549	0.008	0.011	0.005	0.001
0	0		550	0.009	0.013	0.006	0.001

Fig. 3. a) Ejemplo de un archivo de texto con las corrientes que se desean aplicar a la oblea de silicio. b) Ejemplo de un archivo de texto con los espectros de referencia. La primera columna indica la longitud de onda mientras que las demás columnas indican la reflectividad para las diferentes capas que se desean crecer.

III. CRITERIOS DE EVALUACIÓN Y CONTROL DE DATOS

Una vez que se han cargado las corrientes y los espectros el programa empieza a comparar el espectro medido contra el espectro de referencia aplicando mínimos cuadrados (μ) (1).

$$\mu = \sum (y_{ref} - y)^2 \quad (1)$$

Donde cada y es el valor de la reflectividad dada una longitud de onda. Para que se considere que el espectro medido es lo suficientemente parecido al espectro de referencia comparamos el resultado μ con dos parámetros donde uno es mayor que el otro. Aunque los parámetros son números podemos representarlos por medio de la Fig. 4. Si μ es menor que el segundo parámetro entonces se considera que el espectro medido es lo suficientemente parecido al espectro de referencia y se finaliza el crecimiento de la capa para continuar con el crecimiento de una nueva capa, pero en caso de que μ llegue a ser menor que el primer parámetro, pero mayor que el segundo entonces el crecimiento de la capa finalizará en el momento en que μ sea mayor al primer parámetro. A través de la Fig. 4 se puede entender esta evaluación pensando en que una vez dentro de la zona roja hay dos opciones para finalizar el crecimiento, saliendo de la zona roja o entrando a la zona morada. En el caso en que μ nunca entre en la zona roja se dispone de un botón para detener el crecimiento de la capa y automáticamente continuar con el crecimiento de la siguiente capa (Fig. 2).

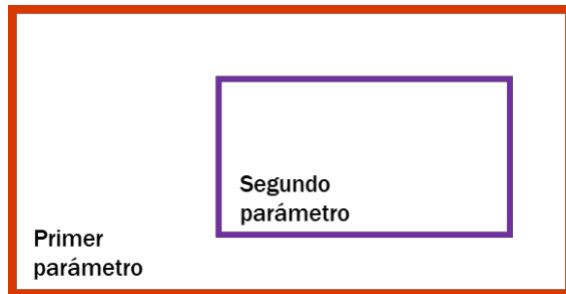


Fig. 4. Metodo de evaluacion de similitud entre dos espectros.

Si el valor de una de las corrientes es igual a cero el programa espera un tiempo indicado por el usuario antes de continuar con el crecimiento de una nueva capa.

IV. CONCLUSIONES

La ventaja que nos da este programa se encuentra cuándo se requiere fabricar mas de una estructura multicapas de pSi con la misma curva de reflectividad. A pesar de que se requiera generar la misma estructura con las mismas propiedades ópticas, se encuentra que los tiempos de crecimiento son diferentes entre una estructura y otra. Esto es debido a que el procedimiento de crecimiento es muy sensible a cambios que se produzcan en su entorno como puede ser un aumento en la temperatura. Sin embargo, el programa es indiferente a estas

discrepancias en los tiempos de crecimiento, logrando así fabricar varias estructuras multicapas con la misma curva de reflectividad, aunque se hayan obtenido diferentes tiempos de crecimiento.

Modulador de AM con circuito lineal integrado

Oscar Luis Garcia Vencer, Gabriel Isaac Garcia Navarro, Leonardo Damián Quintero Llamas, Mauricio Vidales Ávila.

Resumen—En este proyecto se realizó un modulador de AM con circuito lineal integrado que permite la modulación de ondas o señales usando un arreglo exclusivo de transistores y FET para hacer la multiplicación de señal generada o proporcionada. Su construcción fue realizada con el circuito integrado XR-2206, capacitores, resistencias y un generador de señales. Los resultados obtenidos en este proyecto se desglosarán a lo largo de este reporte, así como también el correcto funcionamiento del sistema. Se realiza también un análisis espectral mediante la transformada rápida de Fourier (FFT).

Palabras clave—AM, Amplitud, Capacitores, FET, Frecuencia, Modulador, Onda, Señales, Transistores, Radiofrecuencia, Resistencias.

I. INTRODUCCIÓN

En este proyecto se estudiara la modulación de señales y el dominio frecuencial por medio de la Transformada de Fourier, aplicándolo a un circuito electrónico que cuenta con la capacidad de realizar dicho trabajo. El proyecto tendrá un desarrollo teórico y practico usando como base los principios de las materias de Electrónica I y de Matemáticas Aplicadas, con la finalidad de mostrar una aplicación real para la Transformada rápida de Fourier vista desde un punto de vista más cotidiana, debido a que la mayor parte de información que se transmite en la actualidad es por medio de ondas portadoras y de ondas sinusoidales ya sea de manera analógica o digital, conociendo la aplicación real de la Transformada de Fourier y el alcance de la modulación de onda podremos sacar un mejor provecho a la transmisión de información por medio de los emisores comerciales de audio y video.

A. Conceptos clave

A continuación, se presentarán los conceptos clave necesarios para el desarrollo y comprensión del proyecto

A.1 Modulación de AM

Es el proceso de cambiar la amplitud de una señal portadora de frecuencia relativamente alta, en proporción con el valor instantáneo de la señal modulante o moduladora.

A.1.1 Onda AM.

Es una técnica utilizada en el procesamiento de señales y la comunicación electrónica, más comúnmente para la transmisión de información a través de una onda transversal de televisión.

A.1.2 Onda portadora

Las ondas portadoras son formas de onda que se han modificado para transmitir información, aunque una onda no modificada también se puede llamar portadora.

A.1.3 Onda Sinusoidal

Es una curva que describe una oscilación suave y repetitiva. Podemos definir la onda sinusoidal como «La forma de onda en la cual la amplitud es siempre proporcional al seno de su ángulo de desplazamiento en cada punto del tiempo». Todas las ondas pueden formarse sumando ondas sinusoidales. La onda sinusoidal tiene un patrón repetitivo. La longitud de esta parte repetitiva de la onda sinusoidal se denomina longitud de onda.

A.1.4 Transmisión o señal Analógica

Es la señal que se transmite con información representada en una función matemática continua. Las señales analógicas suelen ser adecuadas para transmitir video y audio, expandiéndose mediante ondas senoidales, logrando ser solo leídas por dispositivos que estén diseñados para este fin en específico.

A.1.5 Transmisión o señal Digital

Es una señal discreta cuantificada que se expresa en Bits (número finito de amplitudes). La lógica binaria utilizada es (0,1) se determina en conjunto con la amplitud la cual cambia cada segundo. “T=Tiempo”. Contiene variables eléctricas con dos niveles bien diferenciados que se alternan en el tiempo transmitiendo información según un código previamente acordado. Cada nivel eléctrico representa uno de dos símbolos: 0 o 1.

A.2 Circuitos integrados.

Un circuito integrado (CI), también conocido como chip o microchip, es una estructura de pequeñas dimensiones de material semiconductor, normalmente silicio, de algunos milímetros cuadrados de superficie (área), sobre la que se fabrican circuitos electrónicos generalmente mediante fotolitografía y que está protegida dentro de un encapsulado plástico o de cerámica.

A.2.1 Circuito integrado XR-2206

XR2206 es un circuito integrado diseñado por Exar Corporation, que puede ser empleado como generador de señales de ondas senoidales, cuadradas, pulsos, triangular y diente de sierra, la frecuencia y amplitud de onda se pueden variar si se controla el voltaje. También se lo puede emplear como convertidor de voltaje a frecuencia, haciéndolo apto para

su uso como transmisor de radiofrecuencia ya sea FM o AM. Tiene un ancho de banda de 1 MHz.

A.3 Transformada de Fourier.

Es una transformación matemática empleada para transformar señales entre el dominio del tiempo y el dominio de la frecuencia.

A.3.1 Transformada rápida de Fourier.

Es una herramienta que nos permite obtener la representación de información en el espacio de frecuencias y aplicando un operador en este dominio.

A.4 Transistores.

El transistor es un dispositivo electrónico semiconductor utilizado para entregar una señal de salida en respuesta a una señal de entrada.

A.4.1 Transistor FET

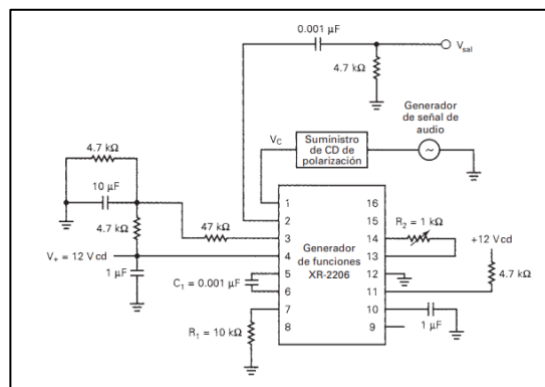
Es un transistor que usa el campo eléctrico para controlar la forma y, por lo tanto, la conductividad de un canal que transporta un solo tipo de portador de carga, por lo que también suele ser conocido como transistor unipolar.

II. DESARROLLO DEL PROYECTO

Para el desarrollo de este proyecto se comenzó por medio del análisis de la teoría vista en relación del análisis de la Transformada de Fourier vista en la materia de Matemáticas Aplicadas. Se observó que la transformada permite la modulación de una función conforme a su frecuencia y esto se podía poner en práctica con los conocimientos adquiridos en la asignatura de Electrónica I.

Uniendo estos conceptos, se llegó a la idea de buscar un circuito en el que se aplicara y demostrara el funcionamiento de una modulación de señal.

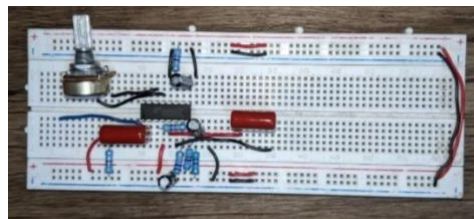
Posteriormente se realizó una investigación acorde al tema en distintas fuentes de información, en la cual se consiguió el libro de sistemas de comunicaciones electrónicas que será referenciado al final del documento, en el que se encontró un modulador AM, que debido al uso de la teoría de los diodos y transistores aplicados en el funcionamiento de un circuito integrado XR-2206, así como de los capacitores electrolíticos y cerámicos, de las resistencias y los potenciómetros.



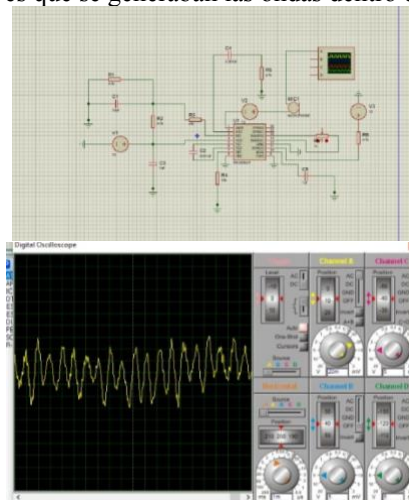
Modulador AM con circuito integrado lineal.

Dando continuación, se observó que un generador monolítico de funciones XR-2206 era el ideal para realizar de manera clara y sencilla una modulación de amplitud.

Este se encontraba formado por un conjunto de 4 bloques que daban lugar al correcto funcionamiento del generador.



Habiendo realizado el circuito se realizó una simulación para ver como es que se generaban las ondas dentro del circuito.



III. CONCLUSIONES

Por medio de las diferentes experimentaciones con el circuito, se llegó a los objetivos esperados, entre ellos el demostrar y enseñar como se manipula una señal al cambiar su amplitud, para que esta pueda llegar a unas distancias mayores por medio de los diferentes dispositivos, habiendo dejado claro los aprendizajes realizados en relación a la transformada de Fourier, generando un producto satisfactorio.

IV. BIBLIOGRAFÍAS

- [1] spiegato. (2021, julio 12). ¿Qué es una onda portadora? Spiegato. <https://spiegato.com/es/que-es-una-onda-portadora>
- [2] Forma de onda sinusoidal. (2018, junio 2). Electronica Lugo. <https://electronicalugo.com/forma-de-onda-sinusoidal/>
- [3] Noguera, E. (2020, junio 8). Señal Digital y Analógica ¿Qué es? Com.mx; DECU Soluciones S.A. de C.V. <https://www.decu.com.mx/senal-digital-y-analoga-que-es/>

V. ANEXO

Lista de materiales utilizados en el proyecto:

- Circuito integrado XR-2206
- Potenciómetro $1k\Omega$
- Resistencia $47k\Omega$
- Resistencia $4.7k\Omega$ (3)
- Resistencia $10k\Omega$
- Capacitores $1nF$ (2)
- Capacitores $1\mu F$ (2)
- Capacitores $10\mu F$ (2)
- Protoboard
- Fuente de Poder
- Osciloscopio

Implementación de un sistema de medición de Efecto Hall usando MyOpenLab

I. Lara Velázquez¹, F. I. Torres Torrez¹, R. I. Rodríguez Blanco,¹ A. Belio Manzano², V.H. Méndez García²,

¹Departamento de Ingeniería Eléctrica Electrónica y Mecatrónica, Tecnológico nacional de México ITS LP, Av. Tecnológico S/N, Hogares Ferrocarrileros 2da Secc, 78436 Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México.

²CARIEM, Coordinación para la innovación y aplicación de la ciencia y la tecnología CIACYT-UASLP, Av. Sierra Leona #550-2ª, Lomas de San Luis, 78210 San Luis, S.L.P

Ismael.lv@slp.tecnm.mx

Resumen— Reportamos el desarrollo de un sistema electrónico para medir el efecto Hall por el método de Van Der Pauw que es un método para medir la resistividad, movilidad y densidad de portadores de una muestra semiconductora. El sistema permite aplicar una corriente y medir un voltaje a la muestra semiconductora a través de cuatro contactos colocados de forma separada en los extremos. La corriente y el voltaje son controlados y medidos a través de un microcontrolador PIC18f4550 y mediante una interfaz gráfica realizada en MyOpenLab. La corriente es controlada por un puerto digital que conmuta los relevadores para hacer circular la corriente a través de los contactos de la muestra mientras que los voltajes registrados son guardados y procesados para la obtención de los parámetros del efecto Hall en la interfaz de MyOpenLab. Con los resultados obtenidos se determinan propiedades electrónicas de los dispositivos.

Abstract—We report on the development of an electronic system to measure the Hall effect by the Van Der Pauw method, which is a method to measure the resistivity, mobility and density of carriers in a semiconductor sample. The system makes it possible to apply a current and measure a voltage to the semiconductor sample through four contacts placed separately at the ends. Current and voltage are controlled and measured through a Microcontroller PIC18f4550 using a MyOpenLab graphical interface. The current is controlled by a digital port that switches the relays to circulate the current through the sample contacts while the recorded voltages are stored and processed to obtain the Hall effect faces in the MyOpenLab interface. With the results obtained, electronic properties of the devices are determined.

Introducción

El efecto Hall descubierto por Edwin H. Hall es una consecuencia de las fuerzas que se ejercen sobre las cargas en movimiento que generan una corriente y crean campos eléctricos y magnéticos. El efecto Hall se utiliza para distinguir si un semiconductor es un material donador (tipo n) o es un material aceptor (tipo p) y para medir la concentración de portadores mayoritarios y la movilidad de los portadores en el semiconductor. El dispositivo de efecto Hall, se utiliza para medir los parámetros intrínsecos de los semiconductores. Sin embargo, también se utiliza ampliamente como sensores en aplicaciones de instrumentación.

La Investigación de materiales semiconductores y pruebas de dispositivos a menudo implican determinar la resistividad

y la movilidad Hall de una muestra semiconductora. La resistividad del material semiconductor principalmente depende de impurezas en un dispositivo, la resistividad puede afectar la capacitancia, la resistencia en serie y el voltaje umbral. La resistividad del material semiconductor suele ser determinado utilizando una técnica Van Der Pauw de cuatro contactos.

Con la técnica se colocan cuatro contactos en los extremos de una muestra de preferencia rectangular. En dos de los contactos se inyecta una corriente y con los otros dos contactos opuestos se mide el voltaje, usando este método, la resistividad puede ser derivada de un total de ocho mediciones que son realizadas alrededor de la periferia de la muestra con las configuraciones se muestra en la Figura 1a.

De las mediciones registradas a través de los voltajes V_1 a V_4 la corriente I y el espesor ts de la muestra se realiza el cálculo para determinar los dos valores de resistividad usando las relaciones:

$$\rho_A = \frac{\pi}{\ln 2} f_A t_s \frac{(V_1 - V_2 + V_3 - V_4)}{4I} \quad (1)$$

$$\rho_B = \frac{\pi}{\ln 2} f_B t_s \frac{(V_5 - V_6 + V_7 - V_8)}{4I} \quad (2)$$

Donde ρ_A y ρ_B son las resistividades en $\Omega - cm$, t_s es el espesor de la muestra en μm , $V_1 - V_8$ representan los voltajes medidos en el voltímetro, I es la corriente que pasa por la muestra en Amperes, f es el fac geométrico de la muestra, basado en la geometría de la misma.

Una vez que son conocidos ρ_A y ρ_B , la resistividad promedio (ρ_{prom}) se determina de la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{\rho_A + \rho_B}{2} \quad (3)$$

El coeficiente Hall puede ser calculado de La resistencia Hall El voltaje Hall:

$$R_{H1} = \frac{2.5 \times 10^7}{BI} t_s (V_1 - V_3 + V_7 - V_5) \quad (4)$$

* XXII Semana del IICO. Electrónica e instrumentación.

$$R_{H2} = \frac{2.5 \times 10^7}{BI} ts(V_2 - V_4 + V_8 - V_6) \quad (5)$$

Donde R_{H1} y R_{H2} es el coeficiente Hall en cm^3/C , B es el flujo magnético en Gauss

De estos coeficientes el coeficiente Hall en cm^3/C puede ser calculado de:

$$R_{H Prom} = \frac{R_{H1} + R_{H2}}{2} \quad (6)$$

La movilidad puede ser calculada de los promedios del coeficiente Hall y de la resistividad:

$$\mu_H = \frac{R_{H Prom}}{\rho} \quad (7)$$

Donde μ_H es la movilidad en $cm^2/V - s$

La concentración de portadores se obtiene de la ecuación 8, el signo “-” indica carga negativa (tipo N) y el signo “+” carga positiva (tipo P).

$$n = \frac{1}{q\rho\mu} \quad (8)$$

onde n = número de portadores, q = es el valor de la carga de un electrón $e = 1.6 \times 10^{-19} C$.

Metodología

El método de Van Der Pauw es usado para determinar parámetros de los materiales: como el voltaje Hall (V_H) la resistencia Hall (R_H) sin presencia de campo magnético y con presencia de campo magnético el tipo de conductividad n de electrones y p de huecos. La concentración de portadores donadores (Nd) o aceptores (Na) y la movilidad (μ), todos estos parámetros derivados de la medición de Hall. Para realizar la medición se requiere que la muestra cuente con cuatro contactos en la circunferencia de una muestra plana, de forma arbitraria de espesor uniforme. Este método es particularmente útil para medir muestras de dimensiones muy pequeñas porque el espaciado geométrico de los contactos no es importante.

Usando este método, la resistividad se puede derivar de un total de ocho mediciones que se realizan alrededor de la periferia de la muestra etiquetando los cuatro contactos con A, B, C y D. la aplicación de la corriente se aplica en 2 contactos y en los 2 contactos opuestos se mide los voltajes y se va rotando en sentido horario, y después se repite la operación en sentido anti horario, pero invirtiendo la aplicación de corriente entre los contactos figura 1a. El coeficiente Hall se obtiene de los voltajes en que se aplica una corriente en forma diagonal en presencia de un campo magnético en una dirección perpendicular a la muestra e intercambiando dirección del campo como se muestra en la figura 1b.

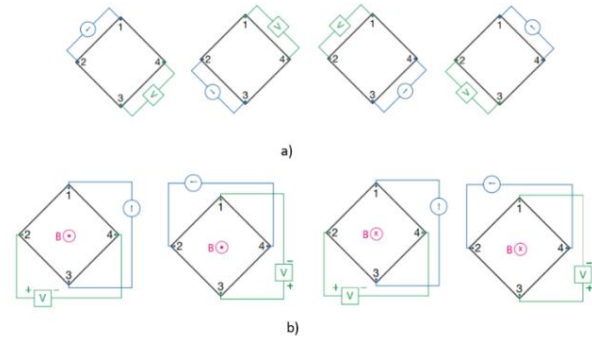


Figura 1 configuración del método de Van Der Pauw para medir la resistividad en sentido horario b) configuración para medir el coeficiente Hall y la densidad de portadores, el campo se invierte.

El medidor de voltaje registra las lecturas obtenidas de la combinación de los contactos y la fuente de corriente de corriente directa se aplica en la configuración que se presenta en el arreglo de los 16 relevadores en el esquema de la Figura 2.

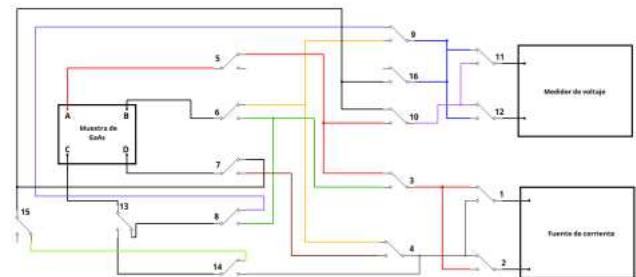


Figura 2 Diagrama empleado para la aplicación de corriente y medición de voltaje a través de la muestra

Para la corriente que se aplica a través del circuito se utiliza una fuente de corriente controlada por voltaje usando el convertidor voltaje corriente con carga flotante usando el amplificador operacional en configuración inversora como se muestra en la Figura 3.

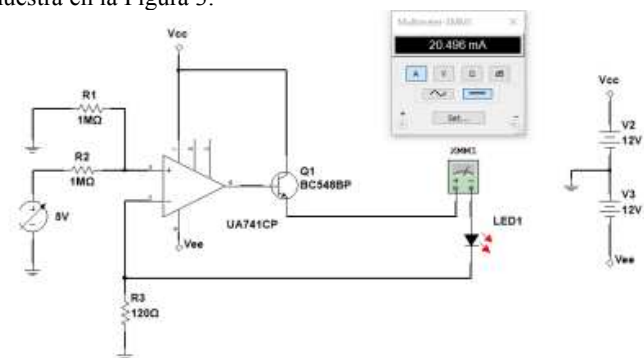


Figura 3 Convertidor voltaje corriente con carga flotante

Esto se aplico a 16 microrelevadores con diferentes configuraciones para que la corriente viaje en el sentido deseado, todo esto se hizo con el microcontrolador y este mismo envia los datos recibidos a la interfaz gráfica, la corriente que se inyectara en la muestra sera enviada y seleccionada a traves de la interfaz gráfica, que manda una señal al microcontrolador para que este lo interprete y

retroalimente la corriente, En la interfaz grafica que es la que se muestra en la figura 4, se mostraran los voltajes medidos, así como las características de la muestra semiconductora que se este midiendo, además de que se podrá guardar en un archivo .csv o un documento de texto (.txt) para que los datos que se hayan obtenido se puedan ir guardando en el ordenador.



Figura 4 Interfaz del programa de entrada salida de sistema Hall en la plataforma grafica de MyOpenLab

Tarjeta electrónica de los relevadores

En la Figura 5 se muestra las conexiones del circuito electrónico conectado con otra tarjeta donde esta el microcontrolador PIC18f4550 (figura 6), que se empleó para la conmutación de relees, para comprobar el funcionamiento correcto se colocaron antes de la medición una serie de led's emulando los contactos de la muestra.

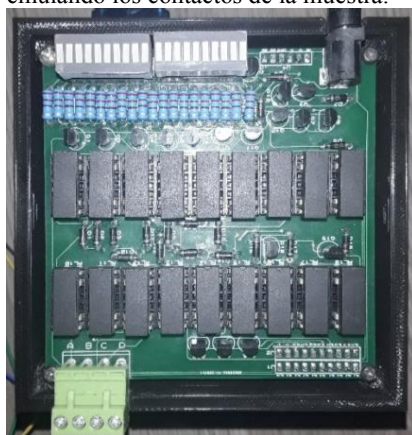


Fig. 5 Circuito de relees que conmutan conforme el microcontrolador ordene



Fig. 7 Circuito cerebro donde se encuentra la fuente de corriente y el microcontrolador PIC18f4550

En la figura 7 se muestra los contactos colocados a la muestra semiconductora de Arseniuro de Galio (GaAs), la muestra y los contactos se colocaron en los laboratorios del CIACYT.

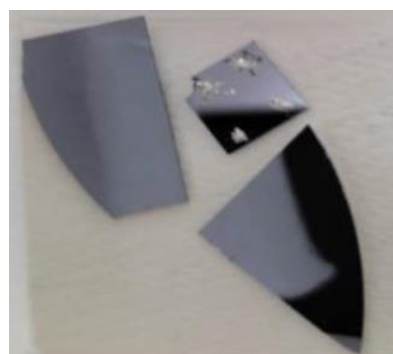


Fig. 7 Muestra de GaAs empleada en la medición Hall

CONCLUSIONES

Se de desarrollo un proyecto experimental de medidas en la configuración de cuatro puntas basado en la técnica de Van der Pauw. Este proyecto es sencillo de bajo costo y con una gran ventaja de portabilidad en el cual se puede obtener propiedades eléctricas de los materiales semiconductores y con la perspectiva de obtener resultados confiables. Además, se desarrollo un algoritmo de programación en la interfaz gráfica de My OpenLab bastante confiable obtenido de la muestra patrón que se mostro en la figura 7.

Referencias

- J. I. Pankove, Optical Processes in Semiconductors, 2nd Revised ed, Dover Publications, 2010.
- H. Castro, «Automated Setup for Van Der Pauw Hall Measurements, » IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, pp. 198-205, 2011.
- A. Garg, «Automating Energy Bandgap Measurements in Semiconductors Using, » European Journal of Physics Education 1, pp. 1-14, 2011.
- KEITHLEY, Model7065, Instruction Manual, July 2009.
- D. Neamen, Semiconductor physics and devices, MC GRAW HILL INDIA, 1 enero 2013.
- [1] NI, «NI Multisim,» NI, 2009.
- [2] «<http://www.farnell.com/datasheets/1633363.pdf>,»
- [3] LabCenter «Proteus», 2009.

- [4] «<http://www.farnell.com/datasheets/1633363.pdf>,» [En línea].
- [5] R. Bitter, LabView advanced programming techniques, Second Edition, CRC
- [6] Press, 1septiembre 2006.
- [7] «<https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>,» [En línea].
- [8] «<http://www.wafertech.co.uk/products/gallium-arsenide-gaas/>,».
- [9] PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet (microchip.com)
- [10] MCA1CCP00701.pdf (uaslp.mx)
- [11] Microsoft PowerPoint - Capitulo3_Streetman (inaoep.mx)
- [12] mikroc - MikroElektronika

Interfaz de control de un brazo robótico

Y. González Sustaita ¹, C. B. Serrato Bautista ¹, F. Sánchez Niño ¹

¹Universidad Tangamanga Campus Industrias, San Luis Potosí S.L.P, México

Resumen. Se diseñó y construyó la interfaz de control de un brazo robótico, se utilizó la aplicación APP Inventor para implementar la interfaz grafica de control que corre en dispositivos Android, desde esta aplicación se envían vía Bluetooth los comandos de control para realizar los movimientos de los actuadores del brazo robótico, adicional a esta aplicación se desarrollo una interfaz en LabVIEW que nos permite observar cuales son los elementos que han sido activados inalámbricamente desde la aplicación del celular llamada Mano_robótica. Como elemento de control entre la aplicación y el robot se utiliza una placa Arduino uno, que es la encargada de recibir los comandos y en su caso activar los diferentes actuadores del sistema robótico así como también establecer la comunicación con LabVIEW a través del puerto de comunicación serial UART. La comunicación entre la placa Arduino uno y el dispositivo Android se realiza por medio del modulo de comunicación Bluetooth HC05 que está configurado en modo esclavo para establecer la comunicación entre los dispositivos inalámbricos.

Índice de términos.- Bluetooth, Robótica, Microcontrolador.

I. INTRODUCCIÓN

La comunicación inalámbrica consiste en el intercambio de información entre un emisor y un receptor que se conectan entre sí sin utilizar cables de por medio, en su lugar utilizan alguna onda del espectro electromagnético como medio de transmisión, en esta onda se monta la información desde el emisor y se hace llegar al receptor a través del aire por donde se propaga la onda. En los últimos años esta forma de transmisión de datos se ha incrementado de forma exponencial, existen una gran variedad de sistemas que son controlados y monitoreados de forma inalámbrica, diversas aplicaciones académicas, científicas, investigación, aplicaciones en la industria y mucha otras utilizan este tipo de transmisión de datos.

Algunas de las formas de transmisión de información por medios inalámbricos son:

- Wifi
- Radiofrecuencia
- Infrarroja
- Bluetooth
- Microondas



Figura 1. El uso de medios de transmisión inalámbricos se ha incrementado en los últimos años, eliminando en muchos de los casos el uso de cables.

Uno de los campos que más se ha beneficiado del envío de datos de forma inalámbrica son las aplicaciones móviles que corren sobre diferentes plataformas como Android o IOS en dispositivos tan diversos como celulares, tabletas o computadoras portátiles. Esta tecnología permite al usuario tener un control inmediato y remoto sobre diversos sistemas, dotando de una gran eficiencia y maniobrabilidad al usuario para controlar equipos y dispositivos como:

- Motores
- Lámparas
- Manipuladores
- Robots móviles
- Control de acceso

En la actualidad se ha hecho tan extensivo el uso de las aplicaciones móviles para conectarse y manipular inalámbricamente sistemas tan diversos como lo es la lectura de sensores, control de robots así como aplicaciones de Domótica.



Figura 2. En la actualidad se hace uso de aplicaciones móviles que controlan de manera inalámbrica una gran variedad de componentes y dispositivos.

II. DESARROLLO

La aplicación que se presenta consiste de un interfaz de control para manipular de forma inalámbrica el funcionamiento de una mano robótica, este sistema robótico se acopla a una tarjeta de desarrollo basada en un microcontrolador AVR el ATMEGA328P, esta tarjeta se encarga de activar los actuadores del robot. Aunado a estos elementos se cuenta con una interfaz de monitoreo desarrollada en LabVIEW, que indica que elementos del sistema robótico han sido activados desde la aplicación que corre en el sistema Android. El sistema de control implementado está conformado por los siguientes elementos, los cuales serán descritos a lo largo del presente escrito:

- Aplicación móvil
- Arduino Uno
- Interfaz de monitoreo
- Mano robótica



Figura 3. Sistema implementado para controlar el accionamiento de los elementos de una mano robótica.

A. Aplicación móvil

La aplicación que controla el movimiento de los eslabones de la mano robótica se implementó en el ambiente de desarrollo para aplicaciones móviles llamado APP Inventor, un ambiente de programación agradable, basado en bloques de programación que permite al usuario desarrollar programas de forma simple, eficiente y en tiempos de desarrollo relativamente cortos. Este ambiente de desarrollo fue creado por Google Labs para la implementación de aplicaciones que serían utilizadas en el sistema Android, en la actualidad el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) es quien se encarga de mantener en servicio este entorno de desarrollo.



Figura 4. MIT APP Inventor es un entorno de desarrollo para aplicaciones móviles que serán ejecutadas en sistema Android.

App Inventor dispone de dos paneles para desarrollar la aplicación, el panel de diseño y el de bloques. En el panel de diseño se construye la interfaz gráfica que tendrá la aplicación, imágenes, botones, indicadores, texto, color así como todos aquellos elementos de interacción con la aplicación.



Figura 5. Panel de diseñador del entorno App Inventor, es aquí donde se definen todos los elementos visuales y de interacción que tendrá la aplicación móvil.

El panel de bloques es donde se realiza la programación, la cual generalmente se implementa por medio de eventos, en las figuras 5 y 6 se muestran estos paneles.

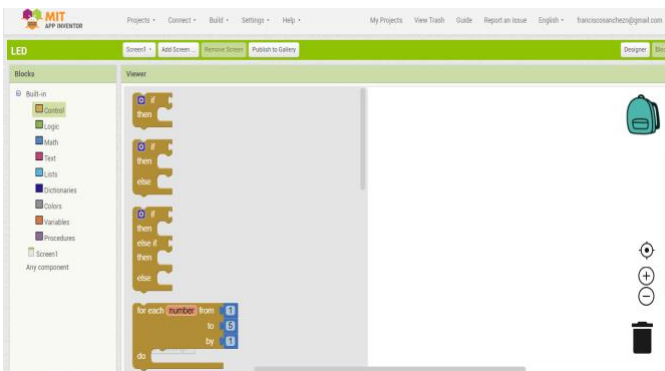


Figura 6. En el panel de bloques es donde se desarrolla el programa, aquí se encuentran todas la estructuras de control.

La aplicación desarrollada para este proyecto se muestra en la figura 7, se cuenta con un botón para iniciar la comunicación Bluetooth entre el móvil y la tarjeta Arduino Uno, que cuenta con un modulo Bluetooth conectado a través de la interfaz RS232. Además de este botón con el que se establece la comunicación se cuenta con otro botón para terminar la conexión y una serie de botones que se encargan de enviar un comando en formato de carácter hacia el microcontrolador ATMEGA 328P montado sobre la tarjeta Arduino, según el comando recibido es la articulación que se activará de la mano robótica

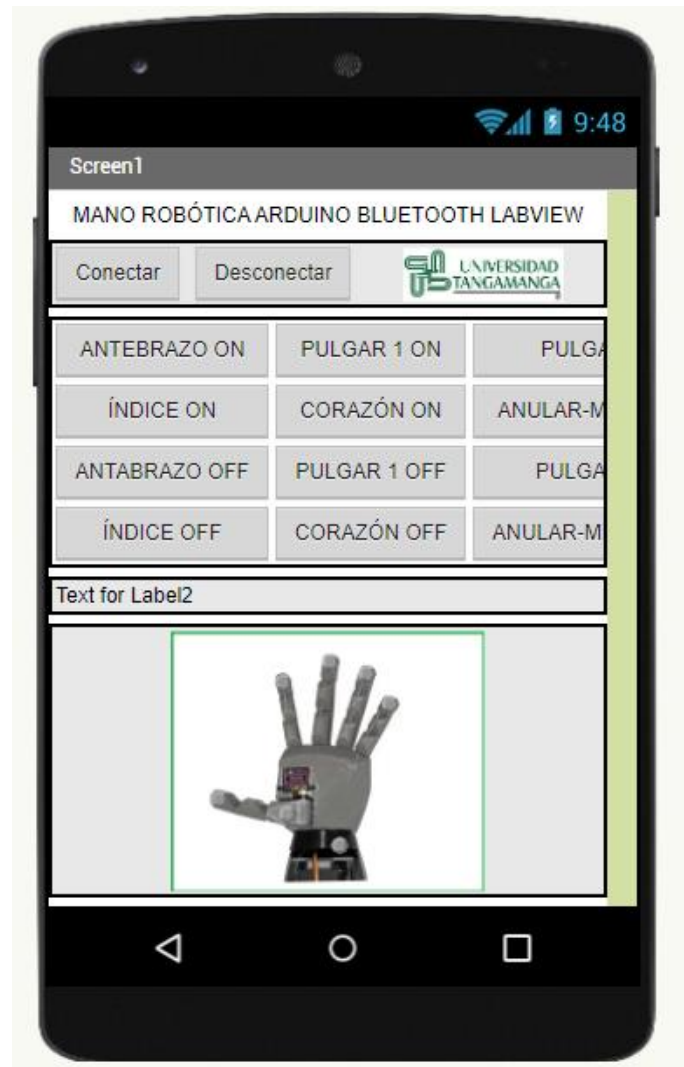


Figura 7. Interfaz de interacción de la aplicación móvil desarrollada para controlar la mano robótica a través del Arduino Uno.

En la figura 8 se muestra el programa implementado en el panel de bloques de App Inventor, lo primero es establecer la comunicación entre el celular y el modulo Bluetooth conectado al Arduino, una vez establecida la comunicación se lee el estado del resto de los botones, cuando alguno es presionado se envía un comando en forma de carácter a través del puerto Bluetooth del móvil, según el comando que se transmite es la articulación que se activará de la mano robótica.

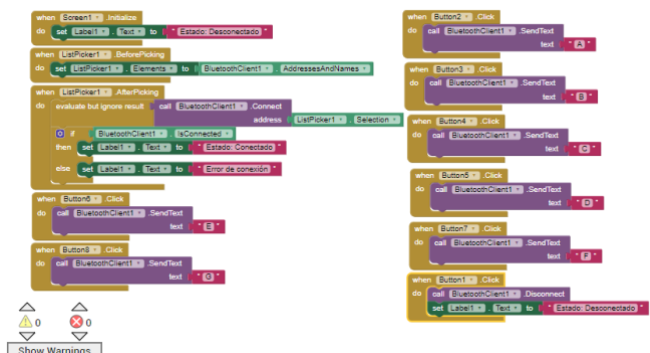


Figura 8. Programa desarrollado en APP Inventor para establecer la comunicación entre una plataforma móvil y una mano robótica.

B. Arduino UNO

Como dispositivo de control entre la aplicación y el robot se utiliza una tarjeta de desarrollo basada en el microcontrolador ATMEGA328P un AVR, esta tarjeta es la llamada Arduino UNO, en la figura 9 se muestra dicho microcontrolador.

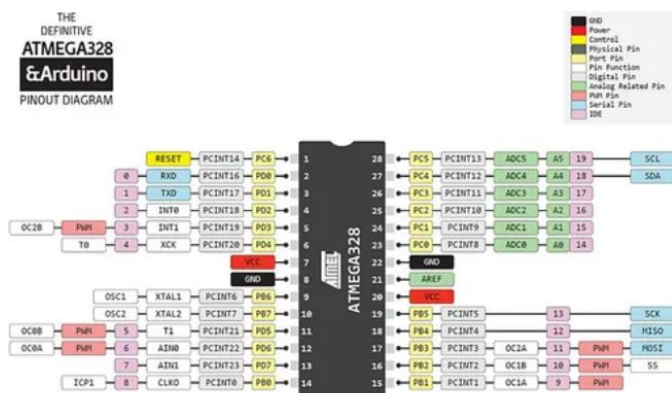


Figura 9. Microcontrolador AVR ATMEGA328P utilizado e la tarjeta Arduino Uno como elemento de control.

Las principales características de este dispositivo son las siguientes:

- Tres puertos digitales PUERTOB, PUERTOC y PUERTOD.
- Un convertidor análogo-digital de 10 bits y 6 canales.
- Puerto de comunicación serial UASRT.
- Comunicación serial I2C.
- Cinco módulos PWM.
- Librería de control para servomotores a través de la expansión de salidas PWM de baja frecuencia.

El programa que corre en el microcontrolador espera recibir un comando en código ASCII proveniente de la aplicación móvil, este comando es recibido por medio de un modulo Bluetooth HC05 acoplado con la tarjeta Arduino a través del puerto USART, según el comando recibido se acciona cada uno de los servomotores que actúan como articulación de los diferentes eslabones que conforman a la mano robótica, en la tabla uno se

ilustra el funcionamiento de cada uno de los comandos recibidos.

Comando	Función	Comando	Función
A	Servo1=180°	G	Servo1=0°
B	Servo2=180°	H	Servo2=0°
C	Servo3=180°	I	Servo3=0°
D	Servo4=180°	J	Servo4=0°
E	Servo5=180°	K	Servo5=0°
F	Servo6=180°	L	Servo6=0°

Tabla 1. Lista de comandos que accionan a cada uno de los servomotores de la mano robótica.

Al mismo tiempo que el ATMEGA328P recibe el comando para accionar cada uno de las partes del brazo robótico, envía un valor hacia una interfaz grafica desarrollada en LabVIEW, la función de esta interfaz es mostrar al usuario el estado que guarda cada una de las articulaciones de robot.

C. Interfaz de monitoreo

Como se menciono en el apartado anterior, el sistema desarrollado cuenta con una interfaz grafica implementada en el entorno de desarrollo de National Instrument, el IDE LabVIEW, la función de este panel es mostrar al usuario cual de los eslabones del robot se ha desplazado a 180°, encendiendo un led y apagándolo cuando el servomotor se desplaza a 0°, en la figura 10 se muestra el panel frontal.



Figura 10. Interfaz grafica implementada en LabVIEW que indica cual de los dedos de la mano robótica es accionado.

Se debe mencionar que la comunicación entre el microcontrolador y el modulo Bluetooth HC05 se hace utilizando el puerto USART, utilizando los pines Rx y Tx, el ATMEGA328P dispone solamente de un modulo de comunicación serial, para poder comunicar el Arduino con LabVIEW se tuvo que utilizar una librería que permitiera emular el funcionamiento del puerto USART en pines digitales de entrada/salida. La librería utilizada es la llamada “SoftwareSerial.h”, usando esta librería se pudo emular el funcionamiento RS232 a través de los pines 5 (Tx) y 4 (Rx) del microcontrolador, estableciendo de esta forma la comunicación con la interfaz grafica de LabVIEW.

D. Mano robótica

Finalmente el cuarto elemento que conforma al proyecto que se describe en el presente escrito, es precisamente el sistema robótico, que consiste de una mano robótica, cuyas piezas están fabricadas de material termoplástico PLA, estas fueron

impresas en una impresora 3D. El PLA es un ácido poliláctico fabricado con recursos renovables como lo es el almidón de maíz, raíces de tapioca o caña de azúcar. Se utilizan hilos de uso especial para emular el funcionamiento de articulaciones y ligamentos en robots.

Cada articulación es emulada por un servomotor, en este robot se utilizan cinco servomotores MG995 que dan el movimiento a los dedos de la mano y un servomotor MG90S que da movimiento al antebrazo, estos motores consumen de 4.6V a 7.2V de voltaje directo, 0.2A - 0.3 A de corriente, 10kg/cm y movimiento de 0° a 180°, en la figura 11 se muestra el servomotor utilizado.



Figura 11. Servomotor utilizado como articulación en la mano robótica.

Además de los motores e hilos, la mano robótica tiene las siguientes medidas 50 cm de brazo, desde el codo hasta la punta de los dedos, 15 cm de mano desde la muñeca hasta la punta de los dedos, palma 18 cm en diagonal desde el dedo meñique al pulgar, en la figura 12 se muestra la imagen de la mano robótica.

La mano robótica dispone de los siguientes movimientos:

- Flexión individual del dedo pulgar, índice y medio.
- Flexión conjunta de los dedos anular y meñique.
- Aducción y extensión del pulgar.
- Giro del antebrazo.



Figura 12. Mano robótica utilizada en el proyecto, controlada por el Arduino, LabVIEW y la aplicación móvil.

III. RESULTADOS

Se realizaron diversas pruebas de funcionamiento, primero se estableció la conexión entre el módulo Bluetooth HC05 conectado al Arduino y la aplicación móvil que corre en el celular, la cual resultó exitosa, se logró un correcto funcionamiento a una distancia de alrededor de 8 m, suficiente para las características del proyecto, en la figura 13 se muestra el funcionamiento.



Figura 13. Se muestra la conexión entre la aplicación móvil y la tarjeta Arduino a través del módulo Bluetooth.

Una vez que se comprobó la correcta conexión inalámbrica de los componentes, se probó el funcionamiento de cada servomotor, girando de 0 a 180° cada uno, obteniendo un correcto funcionamiento, en la figura 14 se muestra esto.



Figura 14. Se muestra el accionamiento de los servomotores que proporcionan el movimiento a los dedos y antebrazo de la mano robótica.

Finalmente se conectó a la interfaz implementada en LabVIEW, en la cual se pudo observar por medio de un led que enciende y apaga cuando cada uno de los servomotores se desplaza de 0 a 80°, en la figura 15 se muestra estos resultados.



Figura 15. Se muestra el funcionamiento de la interfaz gráfica implementada en LabVIEW.

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó el sistema de control inalámbrico de una mano robótica, el sistema consiste de una aplicación móvil desarrollada en el entorno de programación APP Inventor, una tarjeta Arduino UNO que recibe los datos provenientes del celular, accionando cada uno de los servomotores que proporcionan el movimiento a los eslabones del robot así como el panel frontal de LabVIEW que muestra por medio de un led

que articulación se activo. Se tiene planeado como trabajo a futuro agregar un sistema de visión que permita controlar el accionamiento de los servomotores por medio de la detección del movimiento real de la mano y antebrazo. La idea es utilizar ese sistema de visión en terapias de rehabilitación muscular en niños y adultos mayores.

REFERENCIAS

- [1] Robótica: Manipuladores y robots móviles, Anibal Ollero Baturone, Marcombo Alfaomega, séptima edición, Barcelona, 2001.
- [2] Fundamentos de sistemas digitales, Thomas L. Floyd, Prentice Hall, Novena edición, Madrid 2006.
- [3] Teleoperación y telerobótica, Anibal Ollero Baturone & Jesús Manuel Gómez, De Gabriel & Alfonso José García Cerezo, Prentice Hall, primera edición, 2006.

Diseño y construcción de un circuito de control para el llenado de un tanque de agua

M. A. Becerra Hernández,¹ Y. Cayetano Pablo¹, J. J. Flores Pérez¹, A. G. Hernández Rodríguez¹, L. Jaime Rivera¹, K. G. Sifuentes De la Rosa¹, S. R. Escoto Torres¹, F. Sánchez Niño¹

¹Universidad Tangamanga Campus Industrias, San Luis Potosí S.L.P, México

Resumen. Se diseñó y construyó un sistema de control utilizando electrónica digital, con el fin de regular el llenado de un tanque de agua – cisterna a escala para una casa habitación, el circuito electrónico que se implementó está conformado por una etapa de control y una etapa de potencia, que se encargan de activar y desactivar una micro-bomba, cuya función es llenar el tanque de agua. La etapa de control se implementó por medio de un diagrama booleano, se utilizan compuertas lógicas básicas. En la etapa de potencia se hace uso de un transistor así como de un relevador que se encargan de suministrar la potencia necesaria para que se active la micro-bomba. Adicional a estos circuitos se conectaron tres circuitos que indican el nivel de agua que se alcanza en el interior del tanque, estos detectores también tienen la función de enviar las señales de encendido y apagado de la bomba de agua según la cantidad de líquido que el tanque contiene.

Índice de términos.- Detectores, electrónica digital, micro-bomba.

I. INTRODUCCIÓN

La domótica es una de las áreas de aplicación de la electrónica en mayor expansión de los últimos tiempos, la necesidad imperante que existe en la actualidad en muchos hogares, oficinas y departamentos de poder gestionar de forma eficiente el uso de la energía eléctrica, seguridad así como el confort en el interior del hogar ha propiciado el uso extensivo de circuitos electrónicos de control en los diversos sistemas que se encuentran en el interior y exterior de los lugares antes mencionados, es aquí donde toma su importancia el uso de circuitos electrónicos de control en el hogar, esta área en un crecimiento constante y acelerado es lo que llamamos domótica.



Figura 1. La Domótica consiste en utilizar sistemas tecnológicos para controlar los diversos equipos que se encuentran en el interior de oficinas y hogares

En la actualidad la electrónica y automatización se utilizan en los hogares y oficinas para principalmente controlar:

- El encendido y apagado de los sistemas de iluminación, asegurando el uso eficiente de la energía eléctrica.
- El control en la intensidad de iluminación en los interiores, brindando una mayor sensación de bienestar a las personas, circuitos electrónicos como los Dimmer son extensamente utilizados en la regulación de la intensidad de iluminación de led's y lámparas.
- Sistemas de seguridad de circuito cerrado con centros de control, son ampliamente utilizados para tratar de brindar una mayor protección a las personas cuando se encuentran en el hogar.
- Sistemas de control de clima que regulan la temperatura ambiente del hogar.
- Sistemas electrónicos de control de nivel de tanques de agua, entre otros.

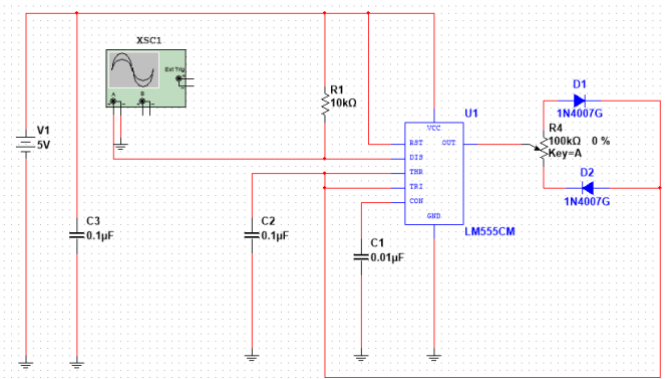


Figura 2. Circuito utilizado para variar la intensidad de iluminación de led's, utilizando la técnica de modulación ancho de pulso (PWM), circuito típicamente usado como un Dimmer de voltaje directo.

II. DESARROLLO

La aplicación que se presenta es un circuito que controla el llenado de un tanque de agua así como sus indicadores de nivel de llenado. El circuito consta de tres etapas, las cuales serán descritas a lo largo del presente escrito, estas etapas son:

- Etapa de control
- Etapa de potencia
- Detectores de nivel

Hay que mencionar que para probar el funcionamiento del circuito se acoplo a una maqueta a escala que representa una pequeña casa habitación, con su tanque y su cisterna, en la figura 3 se muestra el sistema de pruebas.

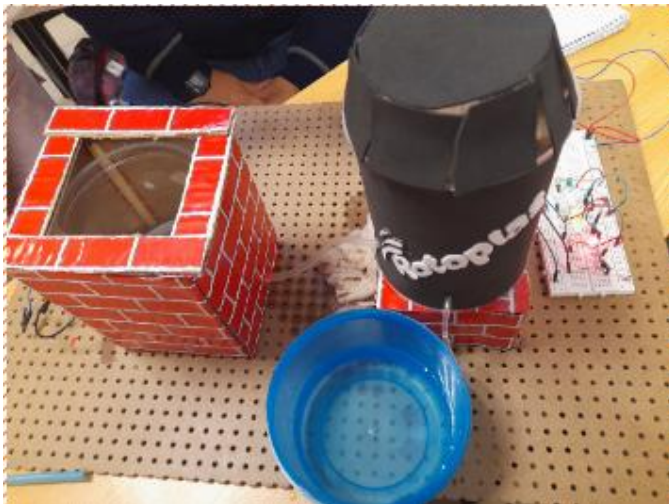


Figura 3. Sistema de tanque y cisterna a escala implementado para probar el funcionamiento del circuito de control.

Para el llenado del tanque de agua se hace uso de una micro-bomba de agua sumergible que se muestra en la figura 4.



Figura 4. Micro-bomba de agua utilizada para llenar el tanque de agua a escala utilizado en el presente proyecto.

Las características de la micro-bomba son las siguientes: flujo de agua de 80 -120 l/h, voltaje de alimentación de 2.5 – 6 V de voltaje directo, corriente de 130 mA en estado estable y 220 mA pico, con un consumo de hasta 1.5 W.

A. Etapa de control

La etapa de control se implemento utilizando la técnica de diseño electrónico llamada suma de productos. En esta técnica se obtienen cuatro elementos, tabla de verdad, ecuación booleana, diagrama booleano y el esquema electrónico de control. En este circuito la tabla de verdad consta de dos entradas y una salida, las entradas son implementadas por medio de dos sensores, que detectan si el nivel de agua del tanque está totalmente lleno o vacío, la tabla de verdad se muestra a continuación.

Sensor low (sl)	Sensor high (sh)	Bomba (x)
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla 1. Tabla de verdad implementada en el circuito electrónico de control del llenado de tanque de agua.

En la figura 5 se muestra la ubicación de los sensores en el tanque de agua, estos sensores son utilizados como entrada al sistema de control del llenado del tanque de agua.

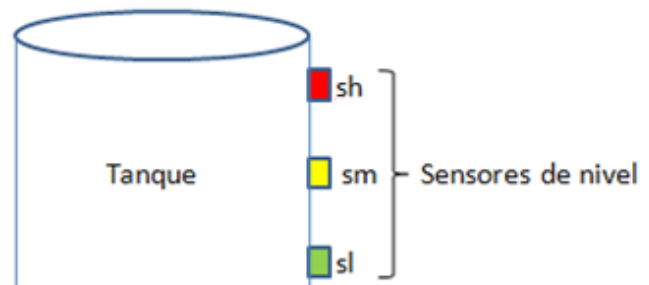


Figura 5. Sensores de nivel utilizados como entradas en el sistema electrónico implementado.

Una vez que se tiene la tabla de verdad, se obtiene la ecuación matemática representativa del funcionamiento del circuito, la ecuación para este circuito es la siguiente:

$$1) \quad x = (sl' * sh') + (sl' * sh) + (sl * sh')$$

Esta ecuación es la que gobierna el funcionamiento del sistema, para su aplicación práctica se convierte a diagrama booleano, el diagrama correspondiente a la ecuación es el que se muestra en la figura 6, se utilizan compuertas lógicas básicas: AND, OR y NOT, el dipswitch simula el funcionamiento de los sensores de nivel.

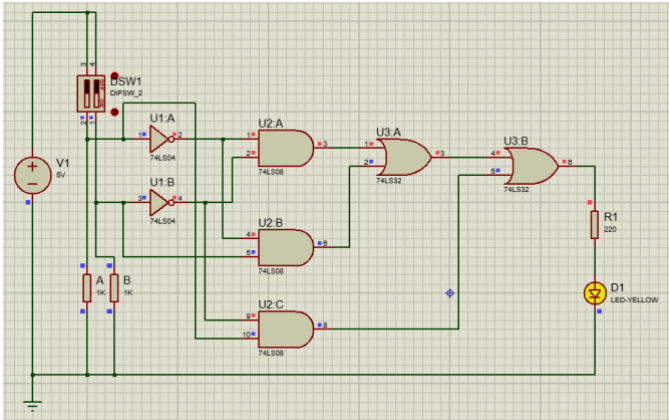


Figura 6. Diagrama booleano utilizado para implementar la ecuación matemática de control del circuito electrónico.

Finalmente este circuito se implementa con los circuitos integrados 7408, 7404 y 7432 correspondientes a las compuertas AND, NOT y OR respectivamente, en la figura 7 se muestra la conexión final para la etapa de control.

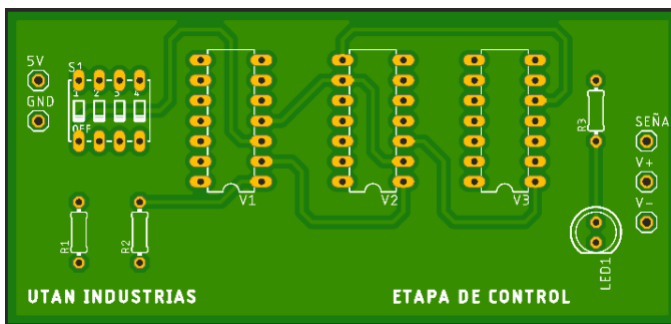


Figura 7. Circuito implementado para la etapa de control.

Se utiliza un transistor 2N2222A como elemento de acople y aislamiento entre la etapa de control y la etapa de potencia, el transistor se conecta como un interruptor electrónico en configuración de emisor común.

B. Etapa de potencia

La etapa de potencia es la encargada de suministrar el voltaje y la corriente necesaria para que se active la micro-bomba de agua, en este circuito esta etapa se implementa a través de un relevador de un polo y dos tiros, con una bobina que se energiza con 5V, en la figura 8 se muestra el circuito de conexión de la etapa de potencia.

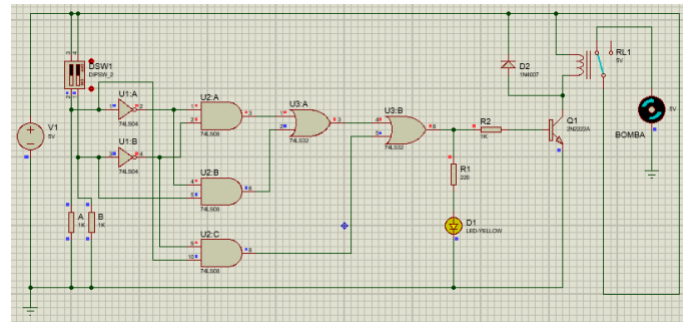


Figura 8. Etapas de control y de potencia utilizadas para accionar a la bomba de agua.

La etapa de control se encarga de enviar la señal de activación al relevador a través del transistor, que sirve de aislamiento entre ambas etapas, brindando protección al circuito de control, el relevador suministra los 1.5 W necesarios para que la bomba funcione de forma correcta, en la figura 9 se muestra el circuito final implementado.

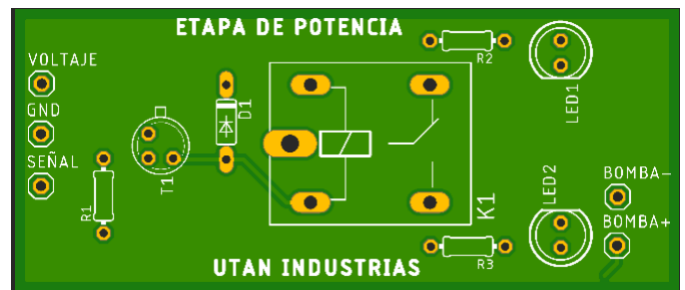


Figura 9. Etapa de potencia del circuito de control.

C. Detectores de nivel

Para los detectores se utilizan tres sensores, cada sensor consiste de un circuito basado en un transistor NPN conectado en modo de interruptor electrónico en configuración de emisor común, en la figura 10 se muestra el diagrama de conexión.

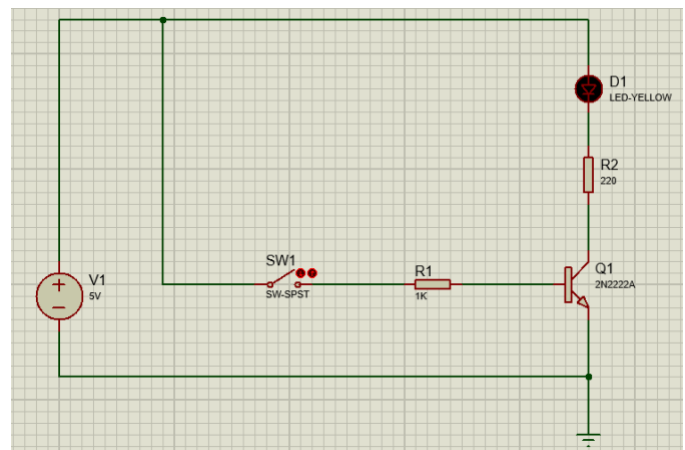


Figura 10. Circuito implementado como sensor para detectar el nivel de agua en el interior del tanque.

El emisor del transistor se conecta a tierra, el colector a voltaje a través del led indicador con su respectiva resistencia de protección y la base se conecta a una resistencia que hace

contacto con el agua por medio de un cable, cuando el agua está por debajo del cable conectado a la resistencia de base, el transistor se apaga, cuando el nivel de agua alcanza al cable de la resistencia de base el transistor se acciona encendiendo el led correspondiente.

Para aumentar la intensidad de iluminación del led se conecta un cable desde voltaje en el interior del tanque agua, de esta forma el voltaje y corriente de activación del transistor aumenta. Cada uno de los detectores de nivel de agua que se mostraron en la figura 5 se implementa de esta forma, además de indicar el nivel agua que se alcanza en el interior del tanque de agua, los sensores sl y sh sirven como entradas en el circuito de control, el sensor sm solo se utiliza como indicador de nivel. En la figura 11 se muestra el diseño final implementado en el circuito detector de nivel.

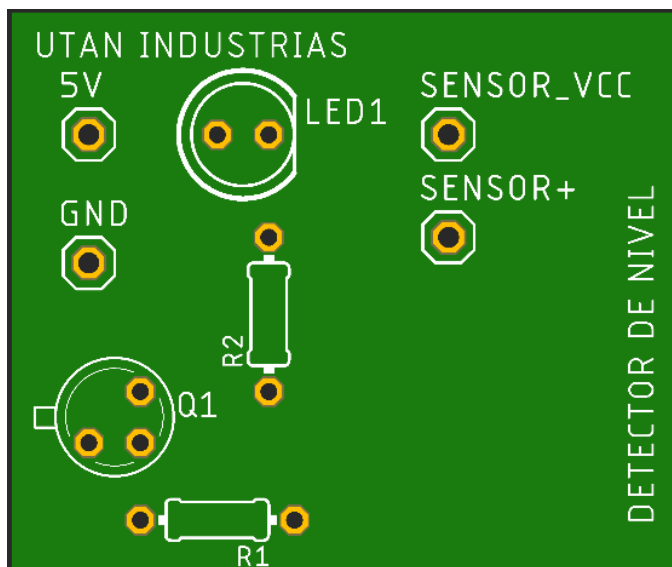


Figura 11. Circuito final implementado en los detectores de nivel de agua.

III. RESULTADOS

El diseño final del circuito de control y sistema de prueba se muestra en la figura 12.



Figura 12. Modelo final y circuito de control implementado.

Se realizaron diversas pruebas de funcionamiento, primero se conecto la etapa de control verificando que la bomba de agua activara y desactivara de forma correcta, cuando el sistema está totalmente vacío se acciona la bomba y al llegar a la ubicación

del sensor de sh el circuito manda la señal de paro, la tarjeta electrónica que se implementará en tanque de tamaño real se muestra en la figura 13.

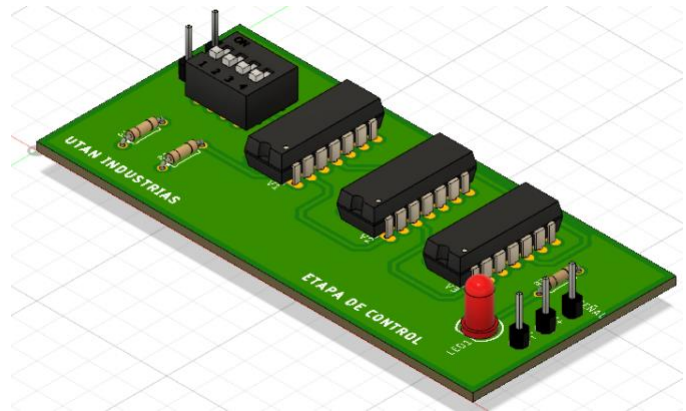


Figura 13. Tarjeta electrónica de la etapa de control.

Una vez que se probó el correcto funcionamiento de la etapa de control se acopló a ella la etapa de potencia, se verificó que la potencia entregada por el relevador era la indicada para que la bomba funcionara según las características descritas en su hoja técnica, la figura 14 muestra la tarjeta electrónica que se utilizará para activar una bomba de agua de 1/4 hp de potencia.

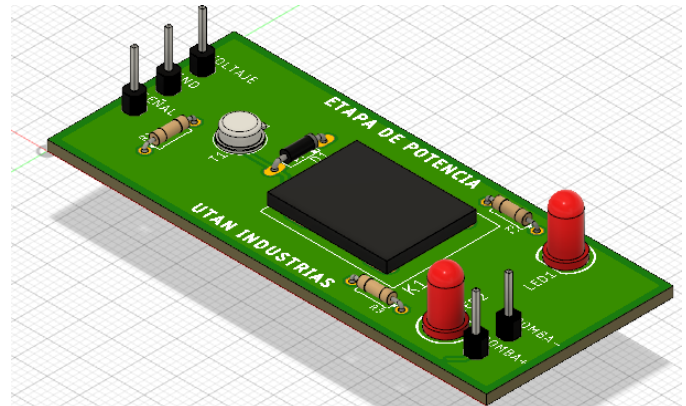


Figura 14. Tarjeta electrónica de la etapa de potencia.

Los detectores de nivel de agua fueron probados juntos al sistema de control, para intensificar el nivel de iluminación de los led's indicadores se conectó un cable de voltaje al interior del tanque, logrando de esta forma una mejor iluminación, en la figura 15 se muestra la tarjeta electrónica de los detectores de nivel de agua.

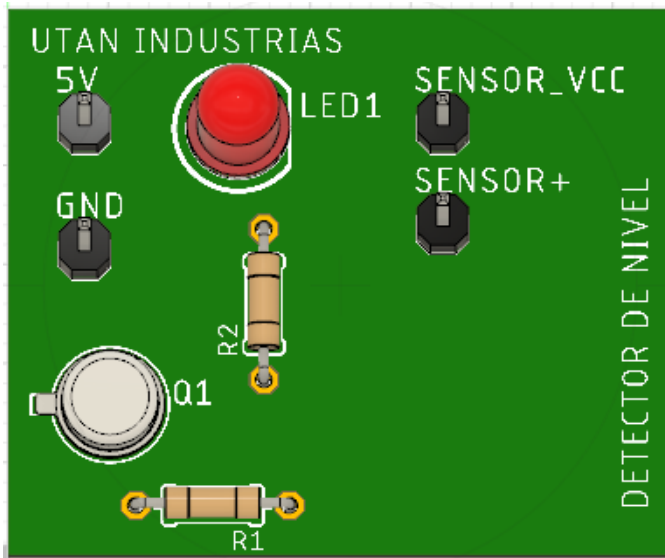


Figura 15. Tarjeta electrónica de los detectores de nivel.

IV. CONCLUSIONES

Se diseñó el circuito de control de un sistema de llenado de un tanque de agua con sus indicadores de nivel de llenado. El sistema de control se basó en la técnica de diseño electrónico llamada suma de productos, obteniendo la tabla de verdad, ecuación booleana, diagrama booleano y esquema de conexión. Se demuestra que utilizando electrónica digital básica se puede controlar de forma eficiente diversas plantas, como el sistema de llenado de un tanque de agua de una casa habitación. También se demostró que se puede detectar de forma eficiente el nivel de agua en el interior del tanque utilizando un transistor en configuración de interruptor electrónico en modo emisor común. El siguiente paso será conectar el circuito ya no en un sistema a escala, llevarlo a una planta de dimensión real y de uso diario.

REFERENCIAS

- [1] Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, Boylestad & Nashelsky, Prentice Hall, Octava edición, México 2003.
- [2] Fundamentos de sistemas digitales, Thomas L. Floyd, Prentice Hall, Novena edición, Madrid 2006.